



TUGAS AKHIR – RG 141536

**OPTIMALISASI LOKASI *MARINE CURRENT*  
*TURBINE* (MCT) DENGAN MODEL  
HIDRODINAMIKA 3D  
(STUDI KASUS: PANTAI SELATAN JAWA)**

LILIK WIDIASTUTI  
NRP 3513 100 009

Dosen Pembimbing  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.,

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

**OPTIMIZATION MARINE CURENT TURBINE  
(MCT) LOCATION USING HYDRODYNAMIC  
MODELLING 3D  
(CASE STUDY: SOUTHERN COASTAL OF JAVA)**

LILIK WIDIASTUTI  
NRP 3513 100 009

Supervisor  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.,

Geomatics Engineering Departement  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**OPTIMALISASI LOKASI *MARINE CURRENT TURBINE*  
(MCT) DENGAN MODEL HIDRODINAMIKA 3D  
(STUDI KASUS: PANTAI SELATAN JAWA)**

**Nama Mahasiswa :** Lilik Widiastuti  
**NRP :** 3513 100 009  
**Jurusan :** Teknik Geomatika FTSP ITS  
**Pembimbing :** Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.,

**ABSTRAK**

*Marine Current Turbine* (MCT) merupakan sumber energi kinetik yang dipengaruhi oleh pergerakan arus pasang surut laut. MCT dilengkapi dengan rotor ganda yang dapat bergerak pada lokasi yang memiliki kecepatan arus tinggi untuk menggerakkan generator sehingga MCT dapat mengekstrak energi listrik dari aliran air. MCT sangat cocok pada kedalaman laut antara 30 sampai dengan 40 meter serta pada penelitian ini mengacu pada ukuran diameter rotor 16, 18 dan 20 meter.

Metodologi penelitian ini menggunakan model hidrodinamika 3 dimensi untuk menentukan lokasi yang optimal untuk penempatan MCT di Pantai Selatan Jawa. Model hidrodinamika pada penelitian ini menggunakan *mesh* berbentuk TIN dari data garis pantai dan batimetri, data pasut dan digunakan data curah hujan untuk menentukan pemilihan bulan pembuatan model. Untuk melakukan validasi model menggunakan data arus dari satelit altimetri.

Berdasarkan pengolahan model hidrodinamika 3D dan analisis data didapatkan 124 lokasi yang sesuai dengan kecepatan arus rata-rata minimal 1,5 m/s untuk pembangunan MCT. Estimasi energi yang dihasilkan pada bulan Maret sebesar 166,900 MWh sedangkan pada bulan Oktober sebesar 159,416 MWh.

*Kata kunci : MCT, Model Hidrodinamika 3D, Kecepatan Arus Pasut, Estimasi Energi, Kesesuaian*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**OPTIMIZATION MARINE CURRENT TURBINE (MCT)  
LOCATION USING HYDRODYNAMIC MODELLING 3D  
(CASE STUDY: SOUTHERN COASTAL OF JAVA)**

**Name : Lilik Widiastuti**  
**NRP : 3513 100 009**  
**Departement : Geomatics Engineering FTSP ITS**  
**Supervisor : Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.,**

**ABSTRACT**

*Marine Current Turbine (MCT) is kinetic energy source that is influenced by the movement of tidal currents. MCT is equipped with a double rotor that can move at locations with high current speed to drive the generator, so MCT can extract electrical energy from the water flow. MCT is particularly suitable at depths of 30 to 40 meters and this study refers to the size of rotor diameter 16, 18 and 20 meters.*

*This research methodology is using 3-dimensional hydrodynamic model to determine the optimal location for MCT placement on the South Coastal of Java. The hydrodynamic model in this study is using TIN mesh from coastline and bathymetry data, tidal data, and using rainfall to determine model month selection. To validate the model is using current data from altimetry satellites.*

*Based on the 3D hydrodynamic model processing and data analysis, there were 124 locations corresponding to the average current velocity of at least 1,5 m/s for MCT development. Estimated energy in March amount 166,900 MWh while in October amount 159,416 MWh.*

*Keywords : MCT, Hydrodynamic Modelling 3D, Tidal Current Velocity, Estimated Energy, Suitability*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## LEMBAR PENGESAHAN

### OPTIMALISASI LOKASI *MARINE CURRENT TURBINE* (MCT) DENGAN MODEL HIDRODINAMIKA 3D STUDI KASUS : PANTAI SELATAN JAWA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

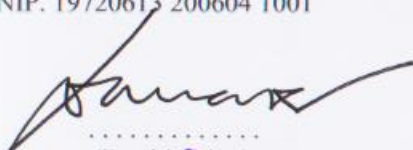
Oleh :

LILIK WIDIASTUTI

NRP. 3513 100 009

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.,  
NIP. 19720613 200604 1001



.....  
(Pembimbing)



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Optimalisasi Lokasi *Marine Current Turbine* (MCT) dengan Model Hidrodinamika 3D (Studi Kasus: Pantai Selatan Jawa)**”.

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis, sehingga penelitian tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dalam laporan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Kedua orang tua penulis, Ibu Widarwati Darto Wiyono dan Bapak Sugiyanto atas doa, perhatian, dukungan, pengorbanan dan semua bentuk kasih sayang kepada penulis;
- b. Bapak Mukhamad Nur Cahyadi S.T., M.Sc., D.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya;
- c. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis;
- d. Teman-teman Jurusan Teknik Geomatika ITS angkatan 2013 khususnya atas segala dukungan dan bantuannya selama ini;
- e. Instansi Pushidrosal, BIG, BMKG, dan GEBCO yang telah membantu dan menyediakan data tugas akhir penulis;

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini terdapat banyak kesalahan maupun kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan menuju arah yang lebih baik. Semoga dengan laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak

Surabaya, Juli 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pasang Surut.....	5
2.2 Arus Pasang Surut .....	6
2.3 Marine Current Turbine .....	7
2.2.1 Turbin Sumbu Horisontal SeaGen .....	8
2.2.2 Kriteria Pemilihan Lokasi MCT.....	9
2.2.3 Ekstraksi Energi MCT.....	10
2.4 Model Hidrodinamika .....	11
2.5 Satelit Altimetri.....	12
2.4.1 Arus Geostropik .....	13
2.6 Penelitian Terdahulu .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	15
3.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Data dan Peralatan .....	15
2.1.1 Data .....	15
2.1.2 Peralatan.....	15
3.3 Metodologi Penelitian.....	16

3.3.1 Tahapan Penelitian .....	16
3.3.2 Pengambilan Data.....	18
3.3.3 Pengolahan Data.....	19
3.3.4 Analisa Data .....	22
3.3.5 Pelaporan .....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Analisis <i>Mesh</i> dan <i>Boundary Condition</i> .....	25
4.2 Analisis Pasang Surut.....	27
4.3 Analisis Model Hidrodinamika .....	62
4.4 Analisis Arus .....	64
4.5 Analisis Lokasi MCT dan Estimasi Energi .....	70
4.5.1 Analisa Lokasi MCT .....	70
4.5.2 Analisa Kecepatan Arus MCT.....	71
4.5.3 Analisa Energi yang Dihasilkan.....	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Neap</i> dan <i>Spring Tides</i> .....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Variasi Kecepatan Arus Saluran .....	7
Gambar 2.3 Turbin Sumbu Horizontal Tipe SeaGen .....	9
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Satelit Altimetri .....	12
Gambar 3.1 Peta Pulau Jawa .....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	16
Gambar 4.1 Bentuk <i>Mesh</i> Kawasan Pantai Selatan Jawa .....	26
Gambar 4.2 <i>Mesh</i> Hasil Interpolasi Data Batimetri .....	26
Gambar 4.3 <i>Boundary Condition</i> Daratan dan Lautan .....	27
Gambar 4.4 Lokasi Koordinat Pasut .....	27
Gambar 4.5 Analisa Pasut Binuangeun Bulan Maret .....	28
Gambar 4.6 Analisa Pasut Binuangeun Bulan Oktober .....	29
Gambar 4.7 Analisa Pasut Pelabuhan Ratu Bulan Maret .....	30
Gambar 4.8 Analisa Pasut Pelabuhan Ratu Bulan Oktober .....	31
Gambar 4.9 Analisa Pasut Pameungpeuk Bulan Maret .....	32
Gambar 4.10 Analisa Pasut Pameungpeuk Bulan Oktober .....	33
Gambar 4.11 Analisa Pasut Cilacap Bulan Maret .....	34
Gambar 4.12 Analisa Pasut Cilacap Bulan Oktober .....	35
Gambar 4.13 Analisa Pasut Sadeng Bulan Maret .....	36
Gambar 4.14 Analisa Pasut Sadeng Bulan Oktober .....	37
Gambar 4.15 Analisa Pasut Pacitan Bulan Maret .....	38
Gambar 4.16 Analisa Pasut Pacitan Bulan Oktober .....	39
Gambar 4.17 Analisa Pasut Prigi Bulan Maret .....	40
Gambar 4.18 Analisa Pasut Prigi Bulan Oktober .....	41
Gambar 4.19 Analisa Pasut Sendang Biru Bulan Maret .....	42
Gambar 4.20 Analisa Pasut Sendang Biru Bulan Oktober .....	43
Gambar 4.21 Analisa Pasut 1 Bulan Maret .....	44
Gambar 4.22 Analisa Pasut 1 Bulan Oktober .....	45
Gambar 4.23 Analisa Pasut 2 Bulan Maret .....	46
Gambar 4.24 Analisa Pasut 2 Bulan Oktober .....	47
Gambar 4.25 Analisa Pasut 3 Bulan Maret .....	48
Gambar 4.26 Analisa Pasut 3 Bulan Oktober .....	49

Gambar 4.27 Analisa Pasut 4 Bulan Maret .....	50
Gambar 4.28 Analisa Pasut 4 Bulan Oktober.....	51
Gambar 4.29 Analisa Pasut 5 Bulan Maret .....	52
Gambar 4.30 Analisa Pasut 5 Bulan Oktober.....	53
Gambar 4.31 Analisa Pasut 6 Bulan Maret .....	54
Gambar 4.32 Analisa Pasut 6 Bulan Oktober.....	55
Gambar 4.33 Analisa Pasut 7 Bulan Maret .....	56
Gambar 4.34 Analisa Pasut 7 Bulan Oktober.....	57
Gambar 4.35 Analisa Pasut 8 Bulan Maret .....	58
Gambar 4.36 Analisa Pasut 8 Bulan Oktober.....	59
Gambar 4.37 Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Bulan Maret .....	65
Gambar 4.38 Pola Arus Saat Surut Terendah Bulan Maret.....	66
Gambar 4.39 Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Bulan Oktober...	67
Gambar 4.40 Pola Arus Saat Surut Terendah Bulan Oktober .....	69
Gambar 4.41 Analisa Lokasi Titik Sampel Kecepatan Arus .....	69
Gambar 4.42 Koordinat dengan Batimetri 30 s/d 40 meter.....	71
Gambar 4.43 Lokasi Koordinat Estimasi MCT.....	71



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Prediksi Tipe Daya untuk Rotor 15 m saat Kecepatan Aliran Berbeda.....	10
Tabel 4.1 Hasil <i>Mesh</i> Permukaan dan <i>Mesh</i> Kedalaman .....	25
Tabel 4.2 Nilai <i>RMSE</i> Pasang Surut.....	60
Tabel 4.3 Nilai Pasang Surut Bulan Maret.....	61
Tabel 4.4 Nilai Pasang Surut Bulan Oktober .....	62
Tabel 4.5 Parameter Model Hidrodinamika 3D .....	63
Tabel 4.6 Nilai <i>RMSE</i> Kecepatan Arus .....	70
Tabel 4.7 Parameter Tipe Diameter Rotor .....	73
Tabel 4.8 Hasil Estimasi Energi Bulan Maret .....	74
Tabel 4.9 Hasil Estimasi Energi Bulan Oktober .....	74

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 : Nilai Kecepatan Arus Model dan Arus Geostropik  
Bulan Maret 2016
- Lampiran 2 : Nilai Kecepatan Arus Model dan Arus Geostropik  
Bulan Oktober 2016
- Lampiran 3 : Estimasi Lokasi Optimalisasi MCT dan Energi yang  
Dihasilkan

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Energi listrik merupakan alat penunjang aspek kehidupan dan pembangunan nasional dalam peningkatan mutu taraf hidup bangsa Indonesia. Penggunaan energi listrik pembangkit fosil dirasa sudah tidak ekonomis lagi dikarenakan persediaannya yang sudah semakin menipis sehingga dibutuhkan alternatif lain sebagai tenaga pembangkit listrik. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional bahwa negara menjamin pasokan energi dalam negeri dan untuk pembangunan yang berkelanjutan.

Salah satu langkah kebijakan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) dalam menjawab isu nasional mengenai energi dengan diversifikasi energi adalah penganekaragaman penyediaan dan pemanfaatan berbagai sumber energi baru, salah satunya adalah sumber energi kelautan (ESDM, 2005). Dasar pengembangan kelautan telah diatur dalam Undang Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Jangka Panjang Nasional (RPJPN). Kenyataannya, rencana ini masih belum dapat terealisasi karena beberapa hal, diantaranya belum tersedianya informasi potensi energi kelautan yang secara ekonomis dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik (Mukhtasor, 2012).

Dengan kondisi topografi Indonesia yang merupakan negara kepulauan terbesar dengan total luas lautan hampir 8 juta km<sup>2</sup> serta memiliki panjang garis pantai kurang lebih sekitar 81.000 kilometer. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar terhadap pengembangan energi arus dan pasang surut air laut dalam pembangunan energi terbarukan sebagai upaya penting dalam mengeksplorasi sumber energi non konvensional dari laut.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui lokasi

dengan tingkat kesesuaian arus pasang surut air laut yang baik dalam pembangunan turbin yang memanfaatkan model hidrodinamika 3D. Keuntungan energi pasang surut air laut adalah dapat di prediksi karena perubahan energi arus pasang surut dapat ditentukan berdasarkan jarak suatu lokasi pada permukaan bumi terhadap posisi bulan dan matahari. Menurut Lubis (2006) Pantai Selatan Jawa memiliki kondisi pasang surut dengan tipe campuran dominan semidurnal. Selain itu, Pantai Selatan Jawa memiliki gelombang dan arus besar karena wilayahnya berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Sehingga dengan mempertimbangkan aspek tersebut maka pemilihan lokasi penelitian berada di kawasan Pantai Selatan Jawa. Pemanfaatan energi arus pasang surut diharapkan dapat di implementasikan dengan baik di Indonesia selain hemat dalam perawatan, energi arus pasang surut juga meminimalisir kerusakan lingkungan dibandingkan penggunaan energi fosil.

Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui lokasi yang tepat untuk pembangunan MCT, dimana nantinya data penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan potensi energi arus pasang surut di Indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis merumuskan beberapa masalah yang akan diteliti, antara lain:

1. Bagaimana cara dan metode yang dilakukan untuk membuat model hidrodinamika 3D di kawasan Pantai Selatan Jawa?
2. Bagaimana mengetahui lokasi kecepatan arus pasang surut di kawasan Pantai Selatan Jawa yang sesuai dalam pembangunan MCT?
3. Bagaimana estimasi kapasitas energi listrik yang dihasilkan dari energi arus pasang surut di kawasan Pantai Selatan Jawa?

### **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan perumusan masalah, maka penulis merumuskan beberapa batasan masalah yang akan diteliti, antara lain:

1. Dalam penelitian ini, masalah dibatasi meliputi lokasi penelitian berada di Pantai Selatan Jawa menggunakan permodelan hidrodinamika 3D.
2. Data yang digunakan, menggunakan data batimetri sekunder dari GEBCO dan data garis pantai untuk pembuatan *mesh* dalam bentuk TIN (*Triangulated Irregular Network*) serta data pasang surut yang terdapat kawasan Pantai Selatan Jawa untuk pembuatan model hidrodinamika 3D.
3. Hasil penelitian ini adalah optimalisasi lokasi yang sesuai untuk pembangunan MCT dan estimasi kapasitas energi listrik yang dihasilkan pada setiap lokasi dengan menggunakan turbin sumbu horizontal dengan rotor ganda.

### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kecepatan arus pasang surut yang dihasilkan dari model hidrodinamika di kawasan Pantai Selatan Jawa.
2. Mengetahui lokasi potensi arus pasang surut yang sesuai dalam pembangunan MCT di kawasan Pantai Selatan Jawa.
3. Mengetahui kapasitas energi listrik yang dihasilkan dari energi arus pasang surut pada setiap lokasi di kawasan Pantai Selatan Jawa.

### **1.5 Manfaat**

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan mendapatkan manfaat-manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi terkait karakteristik dan potensi energi arus pasang surut dapat digunakan sebagai acuan pembangunan MCT.
2. Menghasilkan informasi mengenai lokasi yang sesuai dan kapasitas energi listrik yang dihasilkan dalam perencanaan dan pembangunan MCT di kawasan Pantai Selatan Jawa.
3. Memberikan informasi energi alternatif terbarukan sebagai pengganti energi fosil untuk menghasilkan energi listrik yang aman, ramah lingkungan dan dapat diprediksikan dalam jangka panjang sebagai alat penunjang aspek kehidupan dan pembangunan nasional dalam peningkatan mutu taraf hidup bangsa Indonesia.

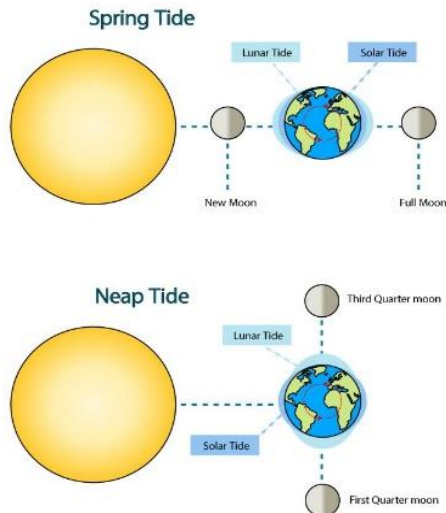


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pasang Surut

Pembuatan model hidrodinamika di Pantai Selatan Jawa dipengaruhi oleh pasang surut air laut sebagai parameter utama yang mempengaruhi arah dan kecepatan suatu fluida. Pasang surut merupakan periode perubahan pada permukaan laut secara relatif terhadap daratan dan sepanjang lautan (Gross, 1996). Pasang surut dihasilkan oleh gaya pembangkit pasut yang merupakan resultan gaya sentrifugal dan gaya tarik bulan dan matahari serta rotasi bumi. Matahari juga melakukan gaya tarik terhadap air laut meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada massa bulan, namun gaya tariknya lebih kecil daripada gaya tarik bulan karena jarak matahari ke bumi lebih besar dibandingkan jarak bumi ke bulan.



Gambar 2.1 Ilustrasi *Neap* dan *Spring Tides*  
Sumber : (Scott Forbes, 2016)

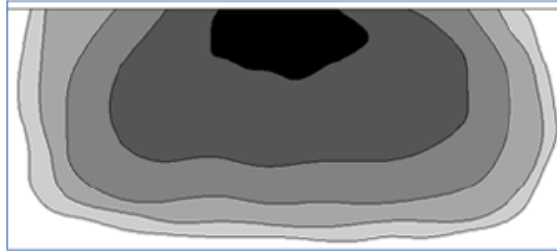
Pasang surut dipengaruhi oleh hidrografi dekat pantai, *bottom friction*, gaya koriolis dan efek resonansi (Sorensen, 2006). Gambar 2.1 menunjukkan bahwa elevasi pasang surut berubah setiap hari. *Spring tide* (pasang surut purnama) adalah kondisi ketika rentang pasang surut terbesar terjadi yang terjadi dua kali sebulan ketika tarikan gravitasi matahari dan bulan sejajar. *Neap tide* (pasang surut perbani) adalah pasang surut yang terjadi ketika matahari, bumi dan bulan tegak lurus.

## 2.2 Arus Pasang Surut

Hasil utama dari pemodelan hidrodinamika merupakan model arus pasang surut yang digunakan untuk melakukan analisa pola dan arah arus serta lokasi yang sesuai untuk pembangunan MCT. Arus pasang surut merupakan gerakan horisontal air yang disertai kenaikan dan penurunan dari gelombang. Gelombang yang masuk ke pantai dan sampai ke teluk dan muara sungai dinamakan arus pasang, sedangkan gelombang yang keluar disebut arus surut. Arus pasang dan arus surut maksimum selalu terjadi sebelum atau hampir saat pasut tertinggi dan terendah. Arus minimum terjadi antara arus pasang dan arus surut dan disebut dengan *slack tides*.

Di laut lepas, kecepatan arus pasang surut lambat dan tergantung pada arah dari gelombang pasut. Namun, di lokasi yang areanya sempit, arus bergerak cepat meskipun jarak pasut rendah (Davis Jr, 1987). Di dalam saluran, arus dibatasi untuk mengalir ke atas atau ke bawah saluran. Kecepatan arus mencapai maksimum biasanya di tengah antara air tinggi dan air rendah.

Gerakan arus pasang surut dibatasi oleh lantai saluran (dasar laut) dan dinding (massa tanah). Di dekat tepi dan bagian bawah saluran, gesekan antara air dan *boundary* memperlambat aliran. Arus pasut dipengaruhi oleh batimetri garis pantai dan kekasaran permukaan. Kecepatan arus pasut lebih besar dekat dengan permukaan air, dan rendah dekat dengan dasar laut. Kecepatan arus pada setengah kolom air adalah 80% dari kecepatan permukaan (Godin, 1972).



Gambar 2.2 Ilustrasi Variasi Kecepatan Arus Saluran  
(Sumber: The Carbon Trust, 2009)

Dari Gambar 2.2, setiap area menunjukkan *band* kecepatan, hitam maksimum dan putih minimum. Sehingga jelas bahwa kecepatan aliran meningkat relatif terhadap jarak dari dasar dan *boundary*.

Kekuatan arus pasang surut juga berfluktuasi sesuai dengan rentang pasang surut. Pada *spring tide*, arus pasang surut mencapai maksimum. Sementara *neap tide*, arus pasang surut mencapai minimum. Arus pasang surut dapat dikategorikan semidiurnal, diurnal, atau campuran semidiurnal dan campuran diurnal tergantung tipe pasut disuatu tempat (Charlier, 1982).

### 2.3 Marine Current Turbine

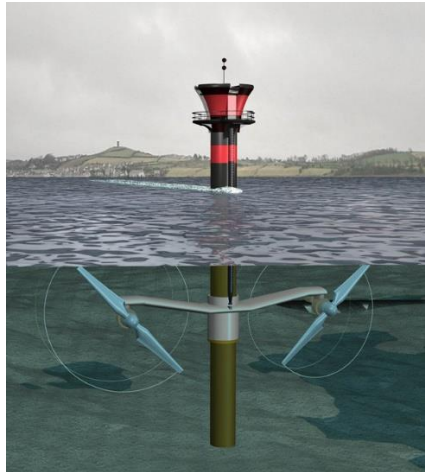
Perkembangan teknologi terhadap energi terbarukan saat ini terus dikembangkan salah satunya adalah MCT. MCT mirip dengan kincir angin namun letaknya dibawah permukaan air. MCT adalah salah satu energi kinetik yang dipengaruhi oleh pergerakan arus laut. Keuntungan ekstraksi energi pasang surut dengan MCT adalah perkembangan teknologi MCT sama dengan perkembangan teknologi turbin angin dan dampak terhadap lingkungan rendah (Faber Maunsell dan Metro Plc, 2007). Dengan kata lain, MCT merupakan sumber energi kinetik yang secara konsisten disebabkan siklus fase bulan yang dapat diprediksikan, mudah dalam pengelolaan serta mengurangi kebutuhan pembangkit listrik dari bahan bakar fosil.

Prinsip kerja MCT sama seperti dengan kincir angin akan tetapi MCT dipasang di bawah permukaan air. MCT dilengkapi dengan rotor atau baling-baling yang dapat bergerak dengan memanfaatkan lokasi yang memiliki kecepatan arus dari pasang surut tinggi serta kekuatan arus yang kuat secara kontinu untuk menggerakkan generator sehingga MCT dapat mengekstrak energi listrik dari aliran air. Air memiliki masa jenis 832 kali lebih padat dibandingkan dengan udara, sehingga apabila diameter rotor pada MCT lebih kecil dibandingkan rotor pada turbin angin masih menghasilkan jumlah energi listrik yang sama besarnya.

### **2.2.1 Turbin Sumbu Horisontal SeaGen**

Turbin sumbu horisontal merupakan salah satu tipe turbin yang memiliki sumbu horisontal pada baling-baling dan mirip dengan turbin tenaga angin. Perkembangan teknologi ini secara signifikan telah dibantu oleh perkembangan turbin angin. Hal ini membuat turbin sumbu horizontal sebagai pemimpin saat ini dalam instalasi energi saat laut. Contoh turbin sumbu horizontal dapat dilihat pada gambar 2.3.

Sistem pada turbin SeaGen memiliki rotor ganda yang terpasang pada tiang penyangga (*crossbeam*). Rotor ganda memungkinkan turbin untuk menghasilkan energi dua kali lebih besar dibandingkan daya yang dihasilkan turbin tunggal, sehingga menekan efektifitas biaya. Selain itu, konfigurasi rotor ganda adalah memungkinkan pergerakan dari dua arah dimana ketika satu rotor bergerak ke atas dari tiang sedangkan rotor lain ke bawah dari tiang, gerakan pisau rotor 180° memberikan operasi efisien ketika arus berbalik (Fraenkel, 2007). Selain itu, tiang penyangga ini dapat bergerak naik dan turun kepermukaan air yang bertujuan mudah dalam pengelolaan dan perawatan secara rutin.



Gambar 2.3 Turbin Sumbu Horisontal Tipe SeaGen

Sumber : (Ainsworth & Thake, 2006)

SeaGen sangat cocok pada kedalaman laut mencapai 30 sampai dengan 40 meter dengan diameter rotor 16 sampai dengan 20 meter. Apabila diameter rotor lebih kecil akan mempengaruhi efektifitas biaya, sedangkan jika dengan diameter rotor lebih besar akan memerlukan daya angkat yang besar. Selain itu rotor dipasang pada  $1/3$  atas kolom air dimana biasanya arus pasang surut paling kuat terjadi.

### **2.2.2 Kriteria Pemilihan Lokasi MCT**

Berdasarkan penelitian Aziz (2009) pemilihan lokasi MCT meliputi:

1. Kecepatan arus tinggi. Kecepatan aliran arus minimum yang ekonomis untuk energi arus laut 1 m/s (EU Commision, 1996)
2. Kedalaman air yang memadai. Menurut Myers dan Bhaj (2005), jika kedalaman terlalu dangkal (kurang dari 25 m), diameter turbin akan semakin kecil sehingga tidak ekonomis. Tetapi, jika perairan terlalu dalam (lebih dari 45 m) akan bermasalah dalam hal pemasangan.

3. Memerlukan lokasi yang cukup luas untuk pemasangan MCT.
4. Bukan lokasi jalur pelayaran utama.
5. Lokasi harus dekat ke jaringan listrik yang ada. Kriteria ini berdasarkan fakta energi MCT sangat tergantung pada intensitas arus karena sulit dalam regulasi dan konservasi. Oleh karena itu, akan lebih efisien jika kelebihan energi yang dibangkitkan akan didistribusikan langsung ke jaringan listrik.

### 2.2.3 Ekstraksi Energi MCT

Untuk mengetahui nilai estimasi energi yang dihasilkan, ekstraksi energi MCT digerakkan dari turbin tunggal dapat di hitung menggunakan persamaan dibawah :

$$P = C_p \cdot A \cdot v^3 \quad (2.1)$$

Keterangan :

$P$  = daya (Watt)

$C_p$  = koefisien daya

$A$  = luas area sapuan rotor ( $m^2$ )

$v$  = kecepatan arus (m/s)

Koefisien daya tidak dapat mencapai nilai ideal, berdasarkan Hukum Betz (Twidell dan Weir, 2006) menyatakan bahwa nilai koefisien daya maksimum adalah 0,59. Nilai ini kemudian harus dikurangi karena kehilangan daya konversi, kesalahan mekanik, kesalahan angular, dan lainnya.

Tabel 2.1 Prediksi Tipe Daya untuk Rotor 15 m saat  
Kecepatan Aliran Berbeda

No.	Kecepatan Aliran (m/s)	Daya (kW)
1	1,5	100
2	2	300
3	2,5	550
4	3	850

(Sumber : Batten dkk, 2006)

Nilai koefisien daya juga dapat ditemukan publikasi berikut:

- Berdasarkan Fraenkl (1999), MCT memiliki koefisien daya antara 0,35-0,5.
- Dalam Mellor (2004),  $C_p$  adalah variasi oleh kecepatan aliran mencapai 0.4 sampai dengan 0,45 nilai ini mencapai maksimum saat kecepatan aliran antara 1,75 sampai 3,5 m/s.
- Hasil dari proyek SeaFlow,  $C_p \approx 0,4$  (Thake, 2005).

## 2.4 Model Hidrodinamika

Pergerakan aliran fluida di Pantai Selatan Jawa dapat dilakukan dengan metode pemodelan numerik. Menurut Istiarto (2009), hidrodinamika adalah simulasi numerik suatu aliran air yang didasarkan pada persamaan matematika yang menggambarkan prinsip hidraulika atau penggambaran fenomena fisik aliran dan penyelesaian persamaan matematika secara numerik. Pemodelan numerik merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menentukan pola arus laut. Untuk koordinat vertikal dilakukan transformasi ke dalam bentuk sigma koordinat ( $\sigma$ ) sehingga memberikan bentuk layer vertikal akan mengikuti bentuk topografi dasar perairan (Rachman dkk., 2016). Bentuk persamaan integral pada model sigma koordinat ( $\sigma$ ) adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial u\omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + g_x \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial vu}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} + \frac{\partial v\omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + g_y \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \omega u}{\partial x} + \frac{\partial \omega v}{\partial y} + \frac{\partial \omega \omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + g_z \quad (2.5)$$

Keterangan :

$t$  = waktu

$x, y, z$  = sumbu koordinat arah longitudinal, transversal, dan vertikal

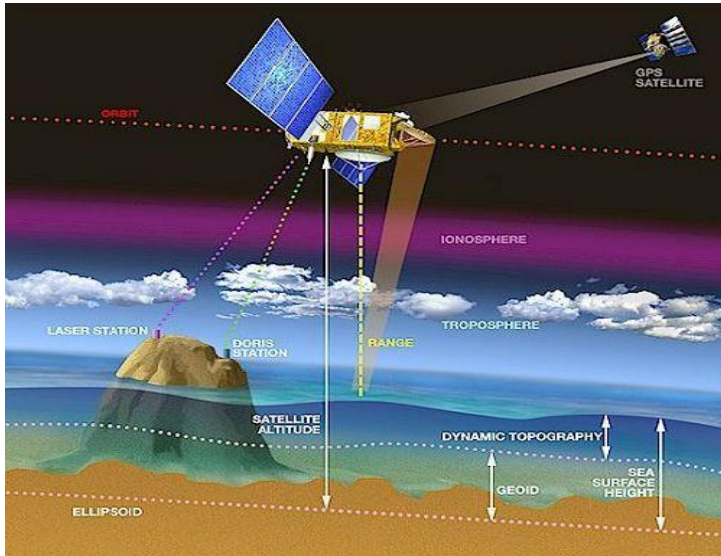
$u, v, w$  = kecepatan sesaat aliran arah  $x, y$ , dan  $z$

$\zeta_{i,j}$  = tegangan geser (kecepatan dan kekentalan) arah  $j$  yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu  $i$

$g_x, g_y, g_z$  = percepatan gravitasi arah  $x, y$ , dan  $z$

## 2.5 Satelit Altimetri

Altimetri merupakan perkembangan teknologi untuk melakukan pengukuran muka laut yang dilakukan dengan memanfaatkan gelombang radar yang dipancarkan satelit. Satelit Altimetri merupakan satelit yang dilengkapi dengan pemancar pulsa radar (*transmitter*), penerima pulsa radar yang sensitif (*receiver*), serta jam berakurasi tinggi. Radar altimetri yang dibawa oleh satelit memancarkan pulsa-pulsa gelombang elektromagnetik (radar) ke permukaan laut. Pulsa-pulsa tersebut dipantulkan kembali oleh permukaan laut dan diterima kembali oleh satelit.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Satelit Altimetri  
(Sumber: *Radar Altimetry Tutorial*, 2011)

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan ketinggian satelit di atas permukaan laut (*Range*) dijelaskan dalam persamaan berikut:



$$h = C \frac{\Delta t}{2} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$h$  = ketinggian satelit terhadap permukaan laut (m)

$C$  = kecepatan gelombang elektromagnetik (m)

$\Delta t$  = selisih waktu saat menstransmisikan saat menerima gelombang (s)

Aplikasi satelit altimetri dalam bidang geodesi dan bidang terkait lainnya antara lain untuk penentuan *Sea Surface Topography*, *Sea Surface Height*, penentuan topografi lapisan es, penentuan karakteristik dan pola arus, pasang surut air laut dan gelombang, penentuan kecepatan angin diatas permukaan laut, penentuan geoid di wilayah lautan, penentuan batas laut dengan lapisan es, serta unifikasi datum tinggi di wilayah kepulauan.

#### **2.4.1 Arus Geostropik**

Salah satu hasil dari pengukuran Satelit Altimetri adalah arus geostropik yang biasa dimanfaatkan untuk mengetahui persebaran lokasi ikan. Arus geostropik merupakan arus yang terjadi karena adanya keseimbangan geostropik akibat gradien tekanan horizontal yang bekerja pada massa air yang bergerak dan diseimbangkan oleh gaya koriolis (Brown dkk, 1989). Arus geostropik timbul akibat perbedaan densitas (Wibisono, 2011). Arus ini merupakan salah satu komponen utama dari arus permukaan laut dan merupakan fungsi utama dari tekanan angin, tekanan pasang surut, gravitasi dan rotasi bumi.

### **2.6 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini merujuk dan mempunyai referensi dari disertasi penelitian Nicky Satyadharma Aziz (2009) yang berjudul "*Tidal Energy Resources Assesment in Indonesia*" yang memiliki studi kasus di Teluk Alas, NTB, Indonesia. Pada penelitian ini bertujuan untuk menilai sumber daya energi pasang surut di Indonesia dengan studi kasus di Selat Alas, lokasi studi kasus dipilih karena mempertimbangkan

kedalaman yang relatif dangkal, kecepatan arus yang tinggi, dan lokasi yang jauh dari pelayaran utama. Selain itu pada penelitian ini menggunakan *software* POM (*Princeton Ocean Model*) 3D dan menggunakan grid vertikal dan horizontal yang didasarkan pada jumlah model koordinat (*terrain-following*), yang berarti bahwa kolom air dibagi menjadi jumlah yang sama dari lapisan relatif vertikal tanpa memperhatikan kedalaman.

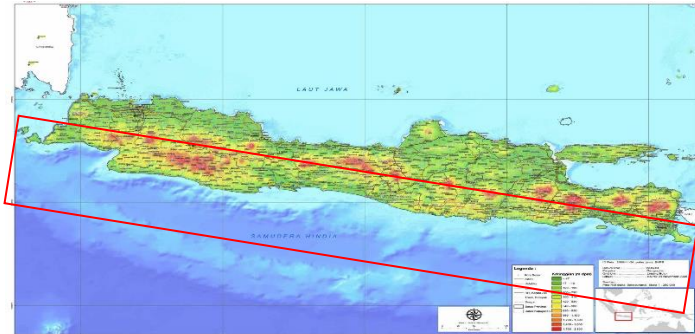
Perbedaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pada lokasi optimal yang digunakan dalam pembangunan MCT dengan studi kasus di kawasan Pantai Selatan Pulau Jawa, dimana lokasi potensial dianalisa dengan memperhatikan kecepatan arus minimum 1,5 m/s, kedalaman air 30 sampai dengan 40 meter, dengan ukuran diameter rotor 16 m, 18 m dan 20 m. Pemodelan ini menggunakan model hidrodinamika 3D dengan metode penelitian yang bersifat barotropik dimana penelitian tidak dipengaruhi suhu dan salinitas. Selain itu, model hidrodinamika penelitian ini menggunakan *software* pengolah dengan menggunakan *mesh* dalam bentuk TIN pada daerah horizontal dan sigma level untuk wilayah vertikal. TIN lebih baik dibandingkan dengan grid karena TIN lebih responsif terhadap garis pantai yang tidak teratur dan responsif terhadap kedalaman yang ekstrim.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian Tugas Akhir ini berlokasi di sepanjang kawasan Pantai Selatan Jawa yang terletak pada posisi geografis  $6^{\circ}45'20,08''$  -  $10^{\circ}52'8,95''$  LS sampai dengan  $104^{\circ}33'28''$  -  $114^{\circ}38'40,39''$  BT dengan batas wilayah sebelah utara adalah Pulau Jawa, sebelah timur, barat dan selatan adalah Samudera Hindia.



Gambar 3.1 Peta Pulau Jawa  
Sumber : (BNPB, 2009)

#### **3.2 Data dan Peralatan**

##### **2.1.1 Data**

Pada penelitian ini menggunakan beberapa data sekunder seperti Data Batimetri, Data Pasang Surut, Data Garis Pantai dan Data Curah Hujan.

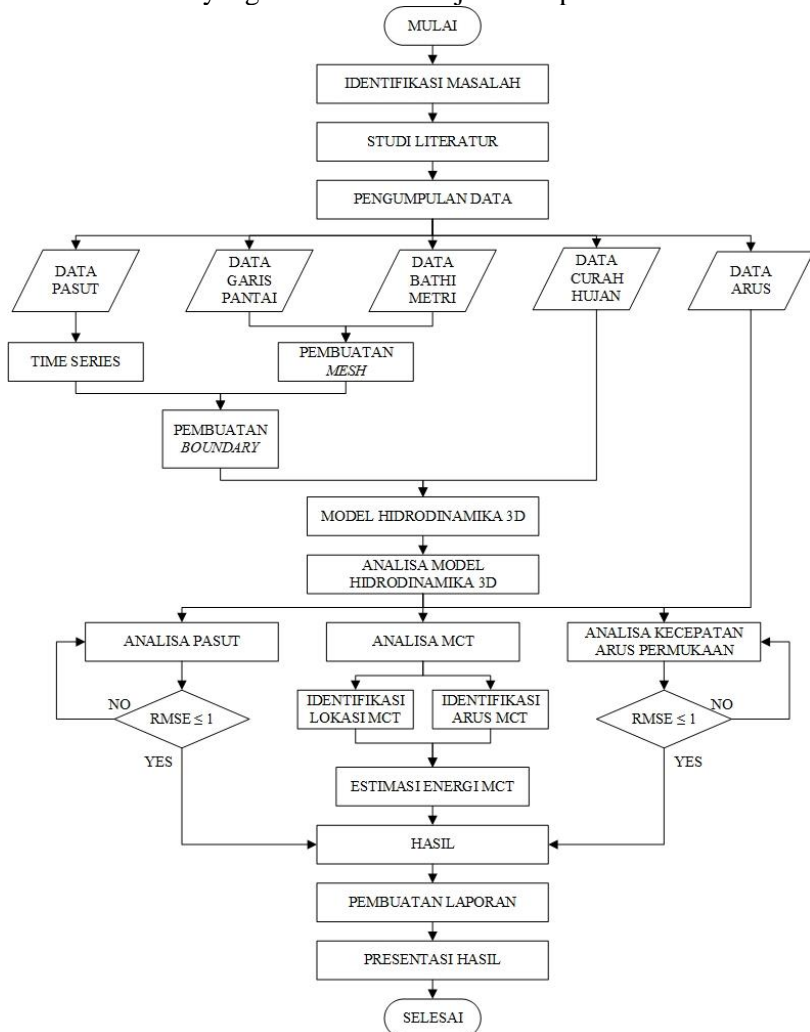
##### **2.1.2 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 buah laptop ASUS X550V dan beberapa *software* seperti *Ocean Data Viewer* (ODV) untuk melakukan konversi data format .nc ke dalam .txt, *glogg* untuk membuka data pasut hasil *download*, *Microsoft Office* 2013, *software* pengonversi data .shp ke dalam .txt dan *software* pengolah model hidrodinamika 3D.

### 3.3 Metodologi Penelitian

#### 3.3.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tahapan umum yang dilakukan dan dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penjelasan:

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, mencari permasalahan krisis energi serta isu-isu terkait perkembangan energi terbarukan di Indonesia. Berdasarkan permasalahan tersebut diangkat pada penelitian ini adalah lokasi yang optimal untuk pembangunan MCT di kawasan Pantai Selatan Jawa dengan mengacu pada kecepatan arus pasang surut yang dihasilkan untuk mengembangkan energi terbarukan di Indonesia.

b. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah:

i. Studi Literatur

Pada tahap ini mencari dan melakukan sitasi terhadap referensi-referensi yang mumpuni dan sesuai dengan penelitian, dalam hal ini adalah model hidrodinamika 3D, arus pasang surut, energi gelombang laut, MCT dan literatur-literatur lain yang mendukung penelitian ini, baik berasal dari buku, *handbook*, *journal* maupun sumber-sumber kredibel lainnya.

ii. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini melakukan pengambilan dan pengumpulan data sekunder yang dibutuhkan dengan melakukan permohonan data pada instansi Badan Informasi Geospasial (BIG), Pusat Hidrografi dan Oceanografi (Pushidrosal) dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) serta melakukan pengunduhan data di beberapa alamat web yang resmi, dimana akan dijelaskan pada subbab 3.3.2.

c. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan terhadap data-data sekunder yang telah didapatkan pada

beberapa *software*, dimana akan dijelaskan secara lebih lanjut pada subbab 3.3.3.

d. Tahap Analisa Data

Hasil pengolahan data model hidrodinamika yang sudah selesai, untuk data kecepatan arus pada permukaan akan dianalisa dengan data kecepatan arus geostropik dari satelit Altimetri dan membandingkan beberapa data pasang surut menggunakan analisa dari nilai *RMSE* untuk mendapatkan tingkat kebenaran dari proses pengolahan data yang telah dilakukan. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan estimasi energi yang dihasilkan pada setiap MCT.

e. Tahap Akhir

Pada tahap ini merupakan hasil yang berupa estimasi lokasi MCT, pembuatan paper ilmiah dan laporan Tugas Akhir yang diharapkan penelitian dapat bermanfaat yang sebagaimana mestinya dan dapat dipublikasikan dengan baik, sesuai dengan kaidah ilmiah.

### **3.3.2 Pengambilan Data**

Pada penelitian ini menggunakan beberapa data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Data Batimetri diperoleh dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*) dengan *download* melalui alamat web berikut:  
[http://www.bodc.ac.uk/data/hosted\\_data\\_systems/gebco\\_gridded\\_bathymetry\\_data/](http://www.bodc.ac.uk/data/hosted_data_systems/gebco_gridded_bathymetry_data/)
- b. Data pengamatan pasang surut diperoleh dari instansi BIG dan Pushidrosal:
  - i. Stasiun Pasut Binuangeun
  - ii. Stasiun Pasut Pelabuhan Ratu
  - iii. Stasiun Pasut Pameungpeuk
  - iv. Stasiun Pasut Cilacap
  - v. Stasiun Pasut Sadeng

- vi. Stasiun Pasut Pacitan
- vii. Stasiun Pasut Prigi
- viii. Stasiun Pasut Sendang Biru
- c. Data prediksi pasang surut diperoleh dengan *mendownload* pada setiap koordinat melalui alamat web berikut:  
<http://www.tides.big.go.id>
  - i. Pasut 1 (107,005°; -7,450°)
  - ii. Pasut 2 (109,969°; -7,876°)
  - iii. Pasut 3 (114,024°; -8,602°)
  - iv. Pasut 4 (113,756°; -10,689°)
  - v. Pasut 5 ( 110,857°; -10,865°)
  - vi. Pasut 6 (108,770°; -10,678°)
  - vii. Pasut 7 (106,612°; -10,062°)
  - viii. Pasut 8 (104,864°; -8,208°)
- d. Data garis pantai diperoleh dengan *mendownload* pada alamat web berikut:  
<http://www.tanahair.indonesia.go.id>.
- e. Data curah hujan diperoleh dari instansi BMKG Pusat pada stasiun pengamatan BMKG Kelas III Cilacap.
- f. Data arus geostropik dengan tipe data ADT (*Absolute Dynamic Topography*) pada alamat web berikut:  
<http://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>.

### 3.3.3 Pengolahan Data

Data-data yang telah didapatkan pada proses pengumpulan data diatas selanjutnya diproses seperti pada urain berikut:

#### 1. Konversi Data

Data garis pantai yang sebelumnya telah *didownload* dilakukan konversi data .shp ke dalam .xyz. Untuk data dengan format .nc seperti data batimetri, data arus dari altimetri di konversi ke dalam format.txt dengan *software* ODV. Sedangkan untuk membuka data pasut hasil *download* menggunakan *software* glogg.

## 2. Pengolahan Arus dari Satelit Altimetri

Hasil konversi data arus format .nc ke dalam .txt didapatkan data *longitude*, *latitude*, waktu, *u* dan *v* kemudian dihitung nilai resultan kecepatan arus dari komponen data *u* dan *v* masing-masing data kemudian dihitung menggunakan persamaan rumus berikut:

$$R = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.1)$$

Keterangan :

*R* = resultan dari vektor *u* dan *v* (m/s)

*u* = kecepatan arus dalam arah *x* (m/s)

*v* = kecepatan arus dalam arah *y* (m/s)

## 3. Pembuatan *Mesh*

Dalam pembuatan *mesh* menggunakan data garis pantai dan data batimetri dalam format .xyz. *Mesh* yang digunakan pada penelitian ini adalah *unstructured triangular mesh* yang dapat disesuaikan dengan geomorfologi garis pantai.

## 4. Pembuatan *Boundary Condition*

Pembuatan *boundary* merupakan pembuatan batas lokasi yang ingin dilakukan simulasi model. Pada batas garis pantai diikatkan dengan titik stasiun pasut yang berada di sekitar garis pantai sedangkan untuk batas laut diikatkan dengan pasut prediksi hasil *download*. Kemudian melakukan editing dengan mengatur *nodes*, *vertices* dan *polygon* pada bentuk daratan dan *boundary* permodelan untuk batas laut (untuk kestabilan pemodelan lebih baik menggunakan bentuk *boundary* setengah lingkaran). Kemudian meredistribusi arc untuk membuat bentuk *boundary* lebih halus. Selanjutnya melakukan pemberian nama kode *boundary* yang disesuaikan dengan unsur daratan atau lautan.

## 5. Pengaturan *Mesh*, *Smoothing* dan Interpolasi



Pengaturan *mesh* dilakukan dengan memasukkan luasan elemen *mesh* maksimum, sudut minimum, dan jumlah titik maksimum. Sedangkan untuk proses *smoothing* dilakukan dengan memberikan nilai jumlah iterasi yang diinginkan. Interpolasi titik *mesh* dilakukan sesuai dengan titik kedalaman. Sehingga diketahui perbedaan elevasi kedalaman berdasarkan warna *pallette scatter data*.

#### 6. *Export Mesh*

*Export Mesh* ke dalam format *.mesh* yang akan digunakan sebagai domain pembuatan model hidrodinamika.

#### 7. Pembuatan *Time Series*

*Time series* dibuat menggunakan data pasang surut yang berada di area penelitian untuk menentukan *time step* model serta waktu simulasi model yang akan dilakukan. Kemudian di simpan dalam format *.dfs0*.

#### 8. Pembuatan Model Hidrodinamika dan Penentuan Lokasi Turbin

##### a. Parameter Model Hidrodinamika

Pembuatan model hidrodinamika menggunakan modul *Flow Model FM* dengan memasukkan domain *mesh*, *time step*, dan parameter-parameter lainnya seperti data pasang surut dan curah hujan. Beberapa dari parameter tersebut diberi nilai *default* dikarenakan keterbatasan data.

##### b. Penentuan Lokasi Turbin

Pada penentuan lokasi turbin dilakukan dengan menginput data koordinat sesuai dengan data batimetri yang telah diperoleh serta menentukan ukuran diameter rotor dan *centroid* dari pemasangan setiap turbin.

#### 9. *Running Simulasi Model*

Sebelum melakukan running model adalah mengatur hasil model hidrodinamika berupa volume (model 3D) dan *area series* (model 2D) dalam format .dfs.

### 3.3.4 Analisa Data

#### 1. Analisa Model

Setelah model hidrodinamika sudah berjalan normal dan selesai, proses selanjutnya adalah melakukan proses validasi data dengan melakukan analisis data spasial untuk data pasang surut model dengan pasang surut pengamatan atau prediksi dan data model arus dengan data arus geostropik dari satelit altimetri menggunakan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)*. Menurut Simanjuntak (2015) *RMSE* digunakan untuk menghitung perbedaan nilai prediksi perubahan elevasi pasut dan kecepatan arus oleh model dengan pengukuran lapangan dengan nilai satuan yang memberikan validitas dari perbandingan kedua data tersebut. Hasil pemodelan dapat dikatakan valid jika nilai *RMSE* mendekati 0.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{obs,i} - x_{model,i})^2}{n}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$x_{obs}$  = nilai pengamatan/prediksi  
 $x_{model}$  = nilai model hidrodinamika  
 $n$  = jumlah pengamatan

Atmodjo (2011) menyatakan syarat batas model dikatakan baik adalah 40% rata-rata nilai perbandingan antara data lapangan dengan data model.

#### 2. Analisa MCT

Untuk analisa lokasi MCT, ditinjau dari lokasi dengan nilai kedalaman antara 30 sampai dengan 40 meter dan kuat arus yang dihasilkan minimal 1,5 m/s pada 1/3 bagian atas kolom air. Selanjutnya melakukan perhitungan estimasi energi yang dihasilkan pada setiap lokasi MCT dengan menggunakan persamaan 2.3 pada subbab sebelumnya.

### **3.3.5 Pelaporan**

Pada tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian tugas akhir, berupa penyusunan laporan serta analisa lokasi pembangunan MCT yang sesuai berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

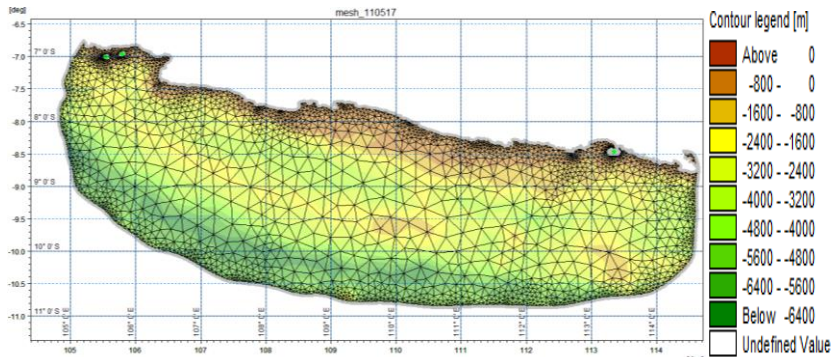
### 4.1 Analisis Mesh dan Boundary Condition

Lokasi penelitian ini berada di kawasan Pantai Selatan Jawa yang terletak pada koordinat  $6^{\circ}45'20,08''$  -  $10^{\circ}52'8,95''$  LS sampai dengan  $104^{\circ}33'28''$  -  $114^{\circ}38'40,39''$  BT memiliki batas wilayah sebelah utara adalah Pulau Jawa, sedangkan sebelah timur, barat dan selatan adalah berbatasan dengan Samudera Hindia. Dalam pembuatan *mesh*, menggunakan data garis pantai dengan ketelitian dan data batimetri dari GEBCO yang memiliki resolusi 30 *arc-second* interval *grid* serta memiliki referensi terhadap *Mean Sea Level* (MSL). Selanjutnya menentukan beberapa parameter seperti luas elemen *mesh* maksimum  $0.05^{\circ 2}$ , sudut *mesh* minimum sebesar  $30^{\circ}$ , serta jumlah titik maksimum 100.000, *smoothing* dan jumlah iterasi 30 kali. Berdasarkan parameter tersebut menghasilkan *mesh* permukaan dan *mesh* kedalaman sebagai berikut:

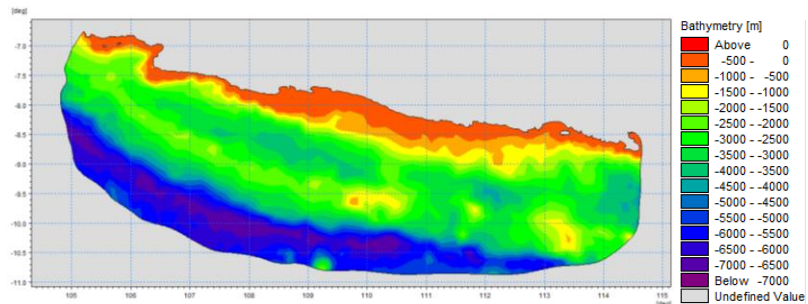
Tabel 4.1 Hasil *Mesh* Permukaan dan *Mesh* Kedalaman

Jumlah Elemen	Jumlah Titik
7708	12125

Semakin banyak jumlah elemen, titik *mesh* dan iterasi akan menghasilkan *mesh* yang lebih halus sehingga hasil model yang yang diperoleh semakin detil dan teliti. *Mesh* yang digunakan pada penelitian ini adalah berbentuk TIN menghasilkan *mesh* pada area garis pantai lebih rapat dibandingkan *mesh* yang berada wilayah tengah laut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Gradasi warna menunjukkan perbedaan elevasi dari interpolasi data batimetri dan memiliki interval kedalaman -500 meter dengan nilai kedalaman maksimum -7078,148 meter, wilayah yang berwarna kuning sampai kemerahan memiliki kedalaman relatif dangkal sedangkan untuk wilayah yang memiliki kedalaman tinggi berwarna hijau sampai kebiruan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

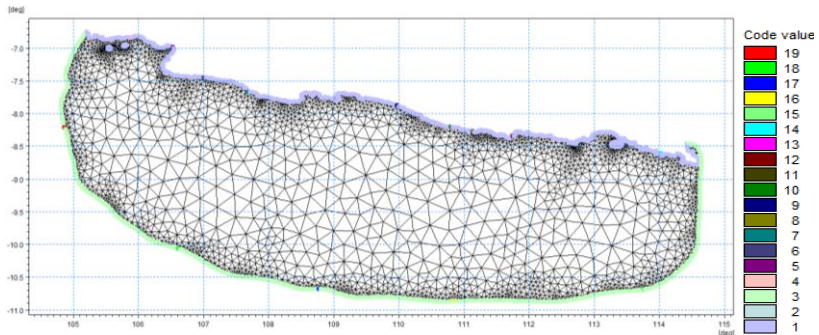


Gambar 4.1 Bentuk *Mesh* Kawasan Pantai Selatan Jawa



Gambar 4.2 *Mesh* Hasil Interpolasi Data Batimetri

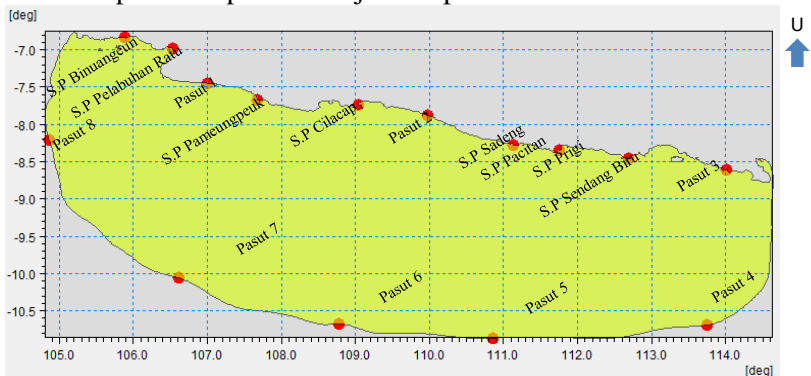
Untuk *boundary condition* ditunjukkan pada Gambar 4.3 ditentukan berdasarkan garis pantai dan koordinat stasiun pasut pada bagian atas yang ditunjukkan dengan kode 2 sedangkan batas bagian bawah menggunakan batas buatan yang ditentukan berdasarkan lokasi koordinat pasut prediksi yang berada di tengah laut yang ditunjukkan dengan kode 3. Untuk kode 1 digunakan untuk menentukan wilayah daratan atau sebuah pulau. Selanjutnya untuk kode 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 dan 14 merupakan kode yang digunakan untuk menentukan koordinat stasiun pasut yang berada disekitar garis pantai. Sedangkan kode 15, 16, 17, 18 dan 19 digunakan untuk menentukan koordinat pasut yang berada di batas bagian bawah.



Gambar 4.3 *Boundary Condition* Daratan dan Lautan

#### 4.2 Analisis Pasang Surut

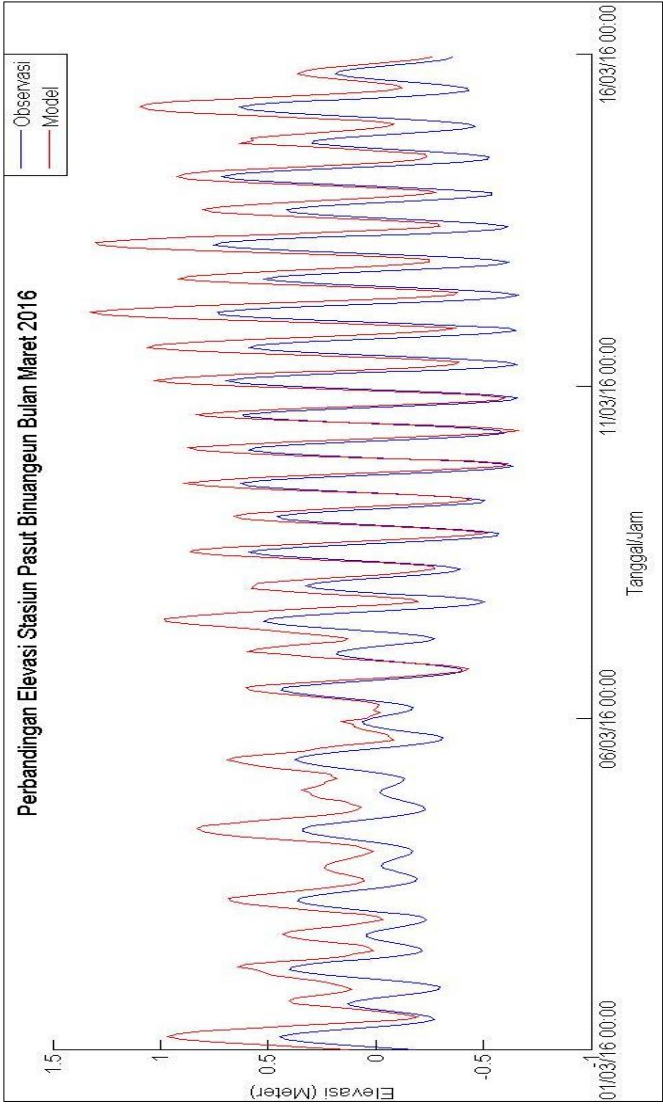
Pada pembuatan model hidrodinamika data pasang surut yang digunakan adalah data pengamatan pasang surut di kawasan Pantai Selatan Jawa mulai tanggal 26 Februari sampai dengan tanggal 15 Maret 2016 dan tanggal 27 September sampai dengan tanggal 15 Oktober 2016. Menggunakan data 8 stasiun pengamatan BIG dan 8 data prediksi hasil *download*, masing-masing memiliki interval 1 jam yang menghasilkan 456 *time step*. Lokasi koordinat untuk setiap stasiun pasut ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Lokasi Koordinat Pasut

Hasil plot nilai masing-masing stasiun pasang surut dari observasi dan pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4.5 sampai dengan 4.36 berikut:

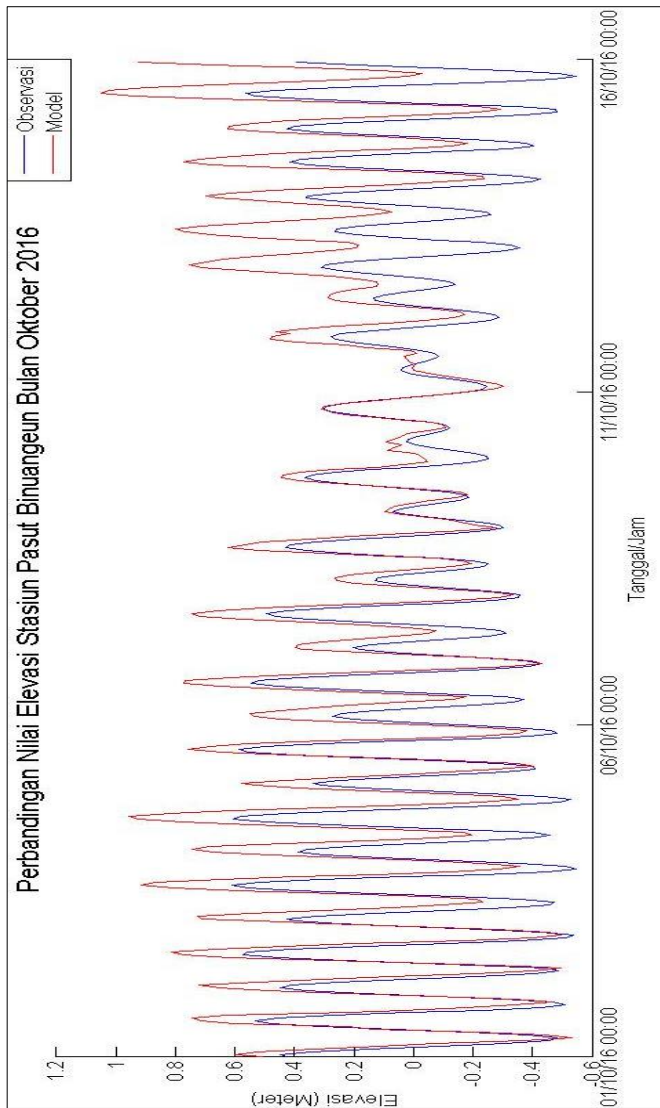
1. Stasiun Pasut Binuangeun  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.5 Analisa Pasut Binuangeun Bulan Maret



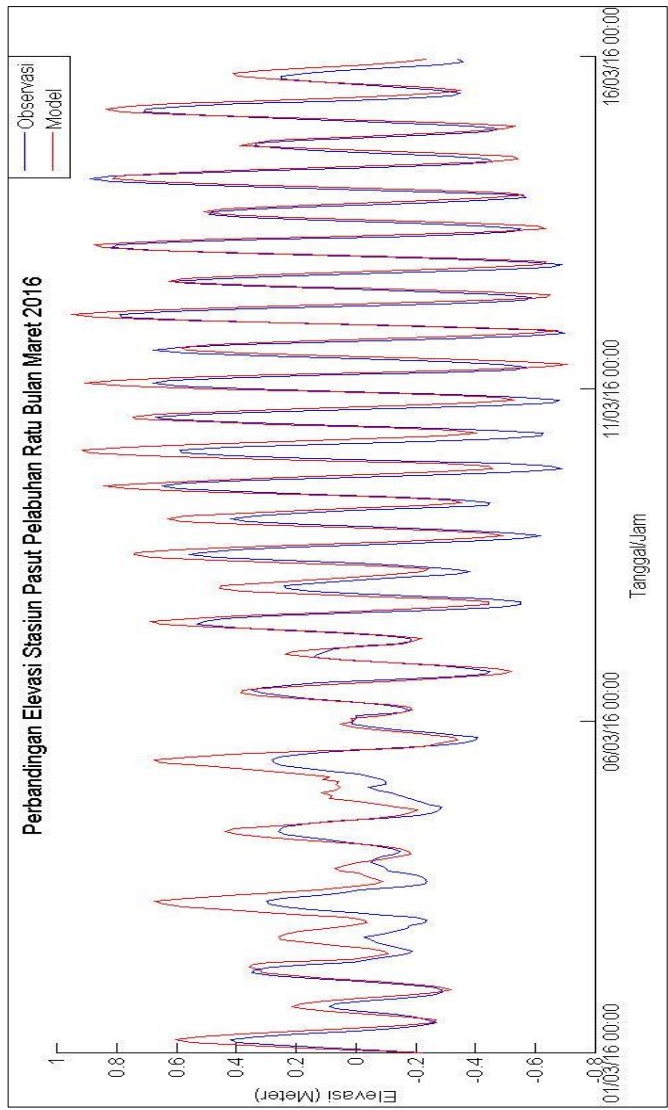
## b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.7 Analisa Pasut Binuangeun Bulan Oktober

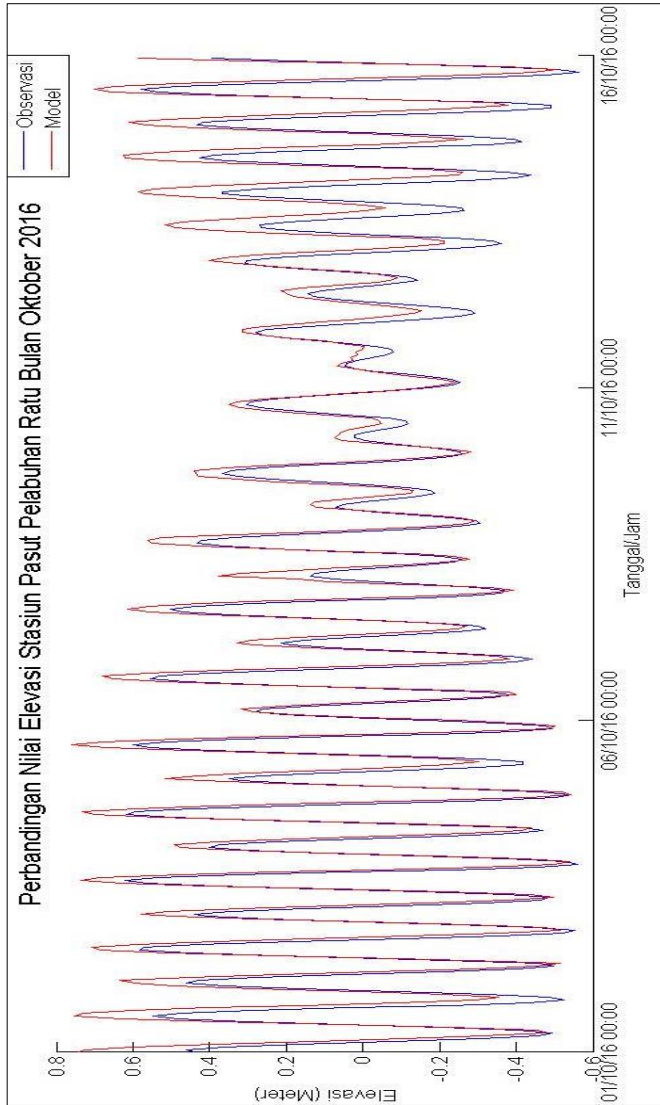
2. Stasiun Pasut Pelabuhan Ratu

a. Pasut Bulan Maret



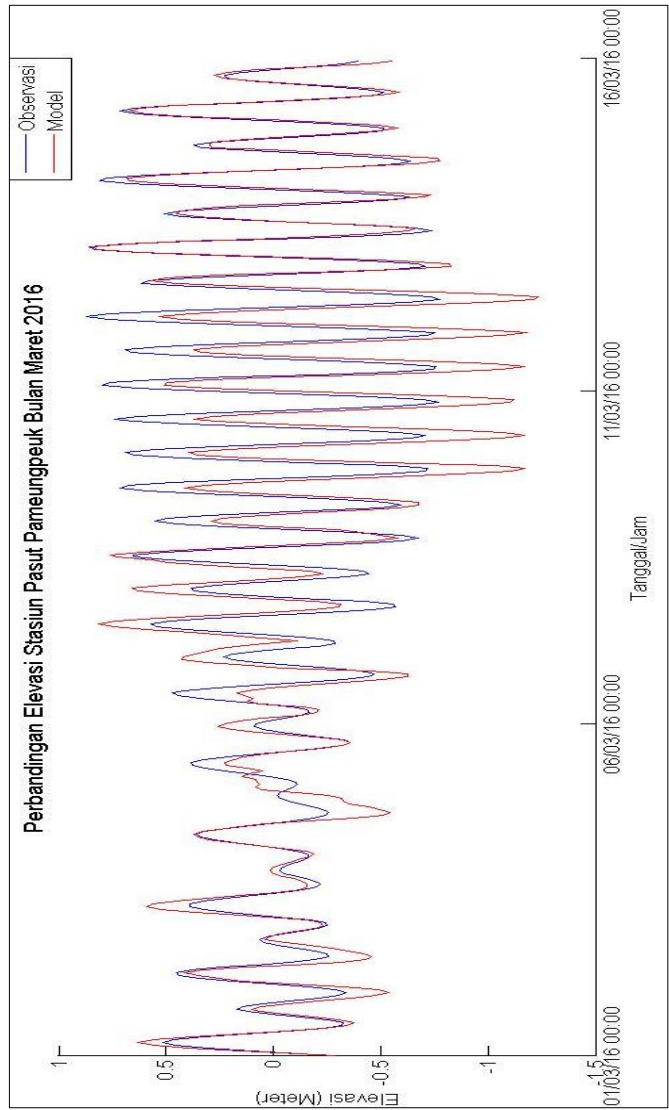
Gambar 4.9 Analisa Pasut Pelabuhan Ratu Bulan Maret

b. Pasut Bulan Oktober



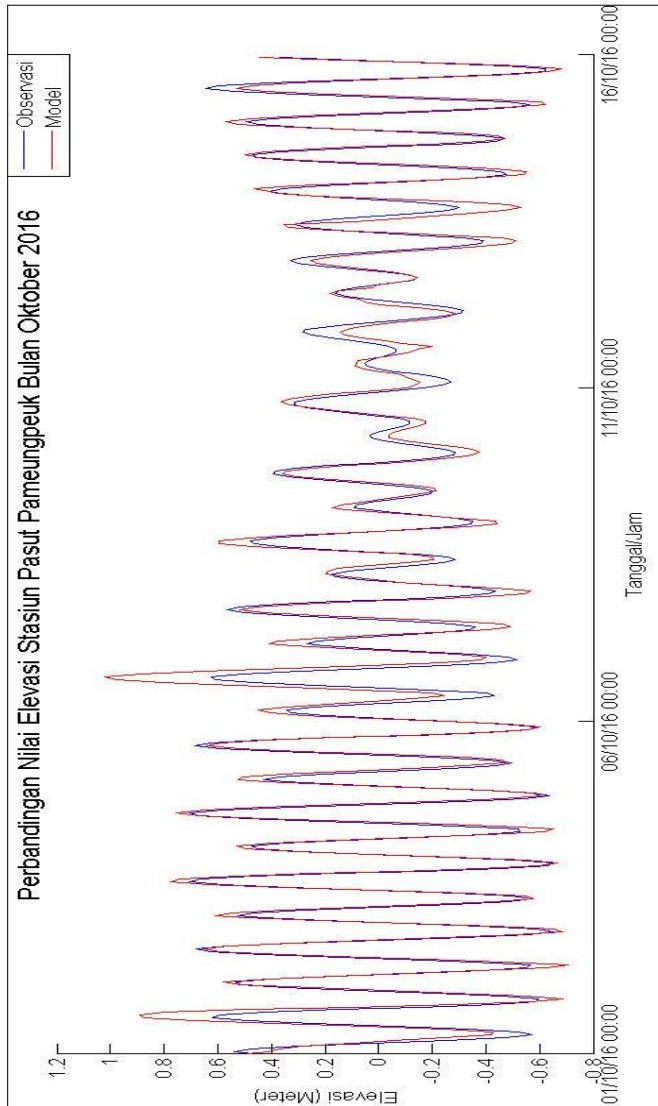
Gambar 4.11 Analisa Pasut Pelabuhan Ratu Bulan Oktober

3. Stasiun Pasut Pameungpeuk  
a. Pasut Bulan Maret



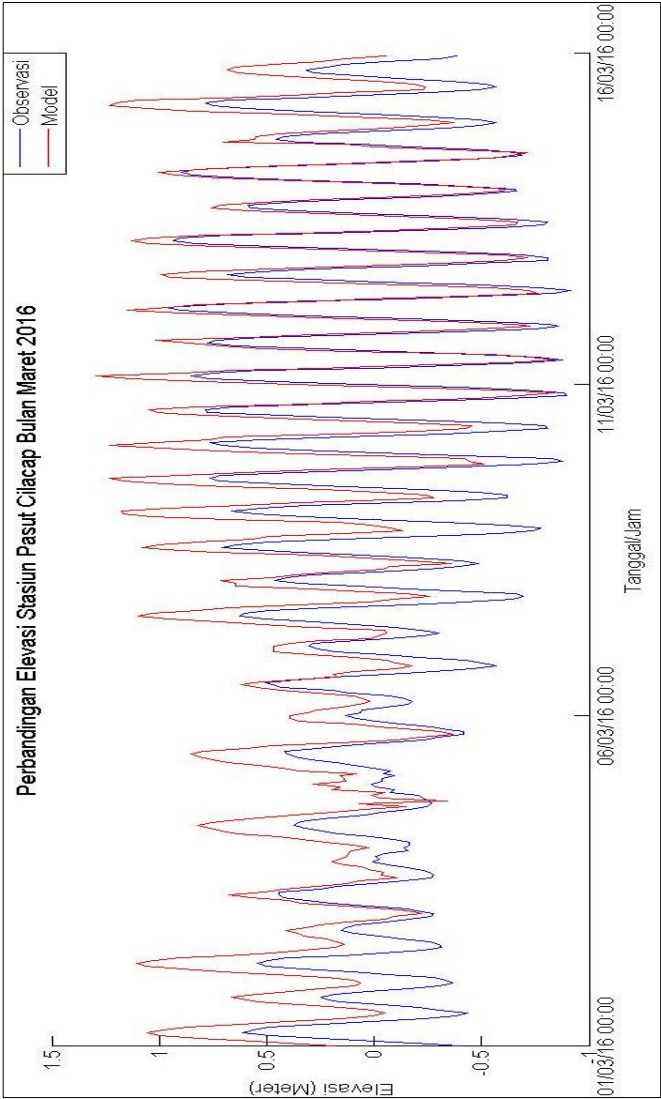
Gambar 4.1.3 Analisa Pasut Pameungpeuk Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



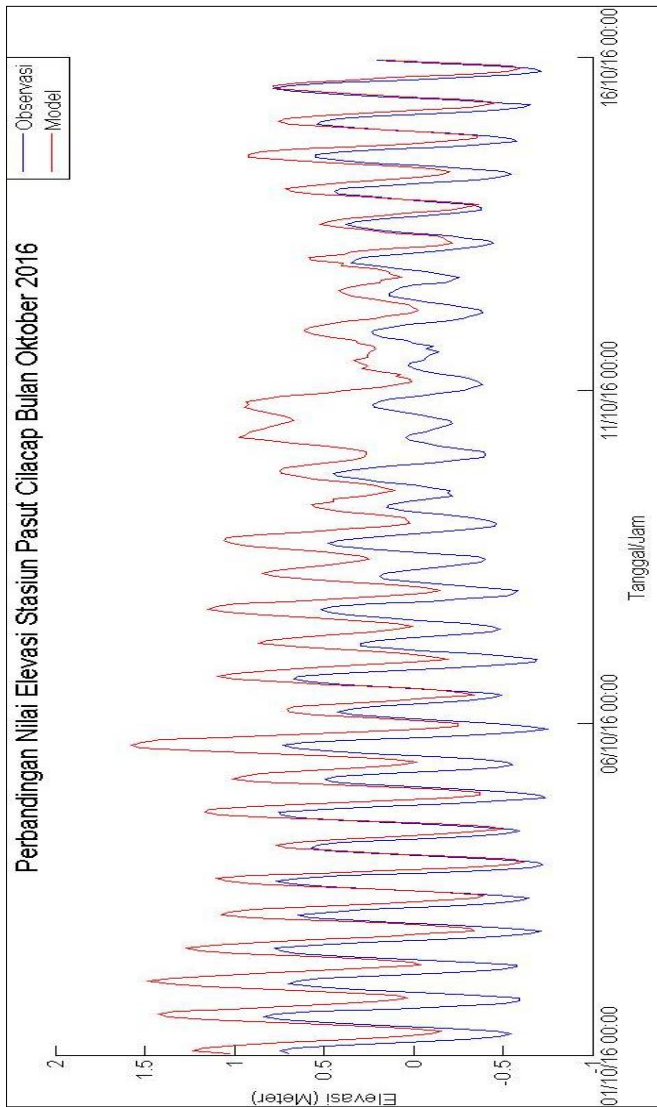
Gambar 4.15 Analisa Pasut Pameungpeuk Bulan Oktober

4. Stasiun Pasut Cilacap  
a. Pasut Bulan Maret



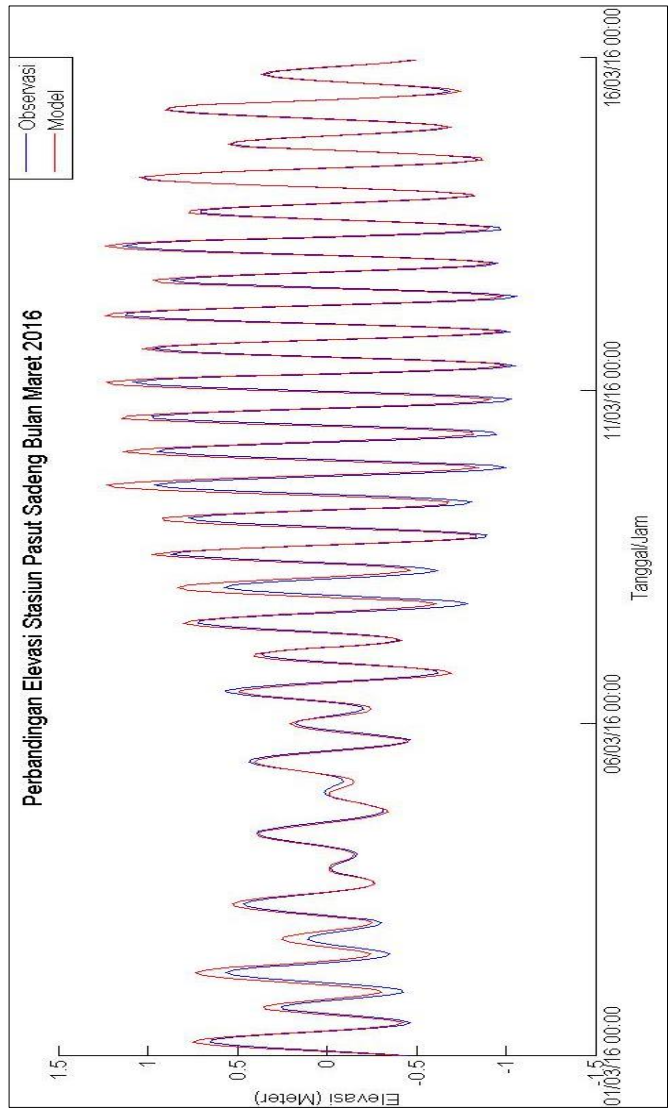
Gambar 4.17 Analisa Pasut Cilacap Bulan Maret

b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.19 Analisa Pasut Cilacap Bulan Oktober

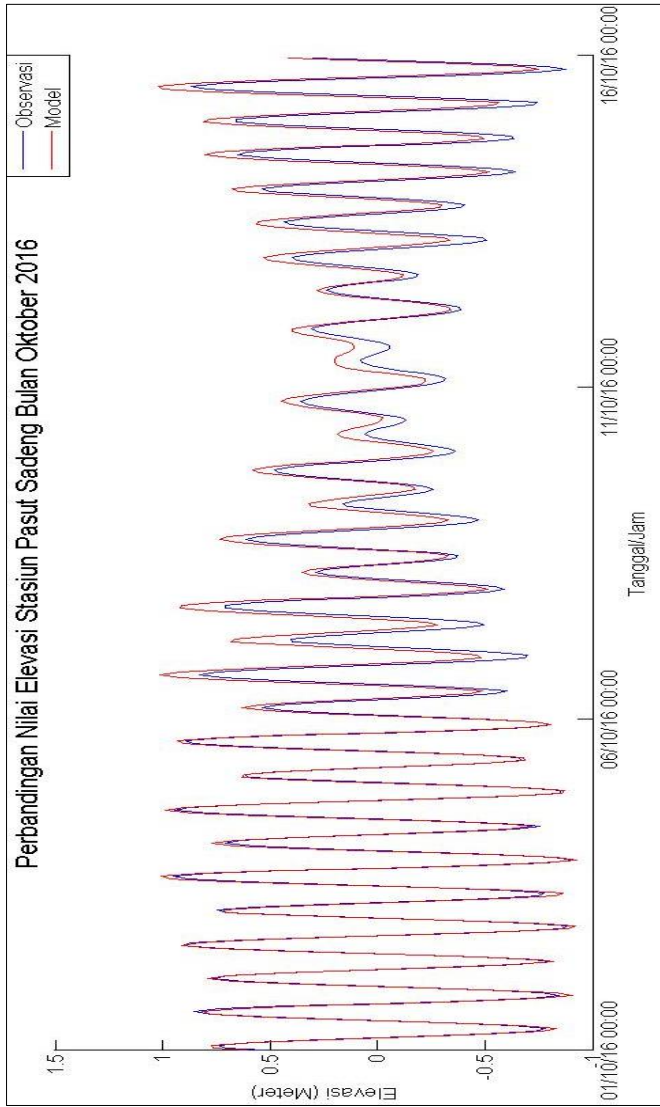
5. Stasiun Pasut Sadeng  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.21 Analisa Pasut Sadeng Bulan Maret



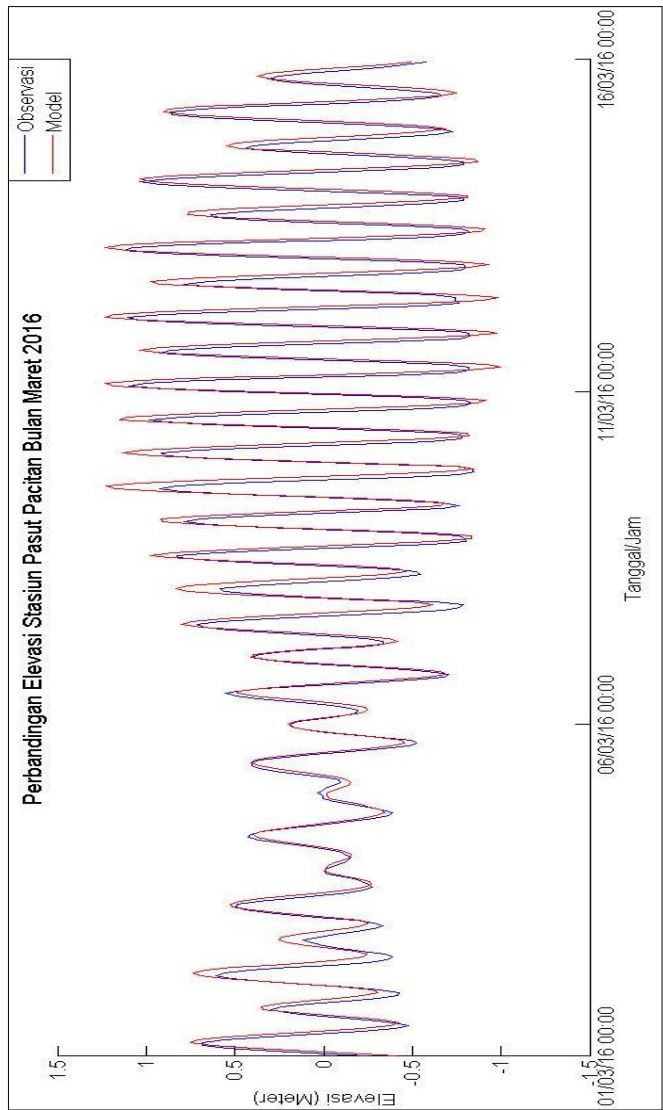
## b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.24 Analisa Pasut Sadeng Bulan Oktober

Gambar 4.23 Analisa Pasut Sadeng Bulan Oktober

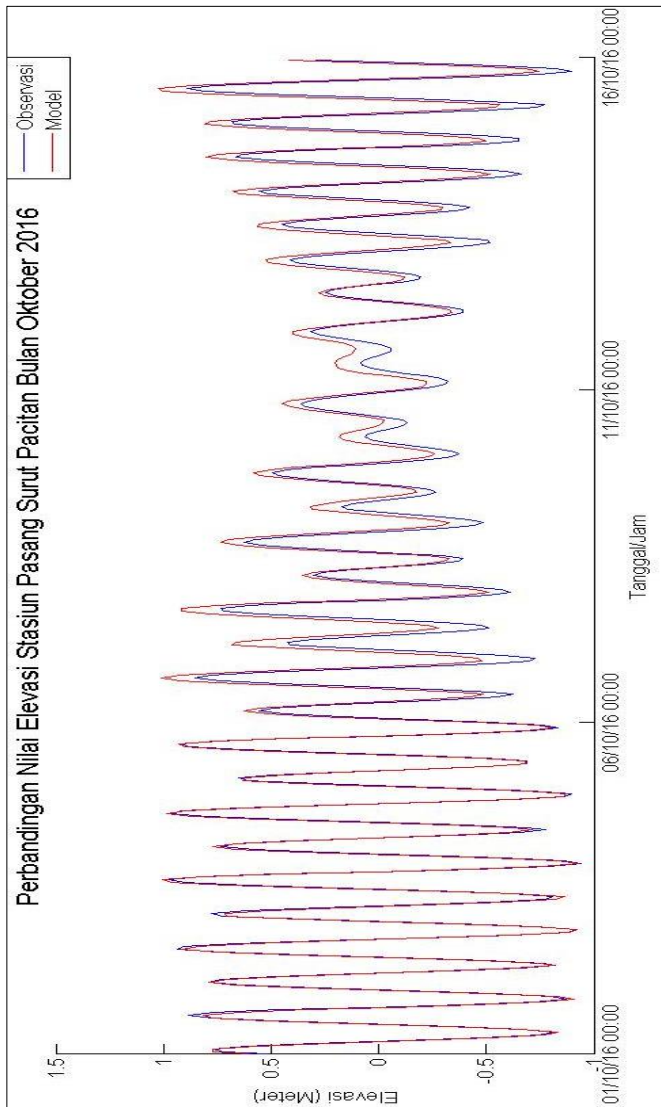
6. Stasiun Pasut Pacitan  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.26 Analisa Pasut Pacitan Bulan Maret

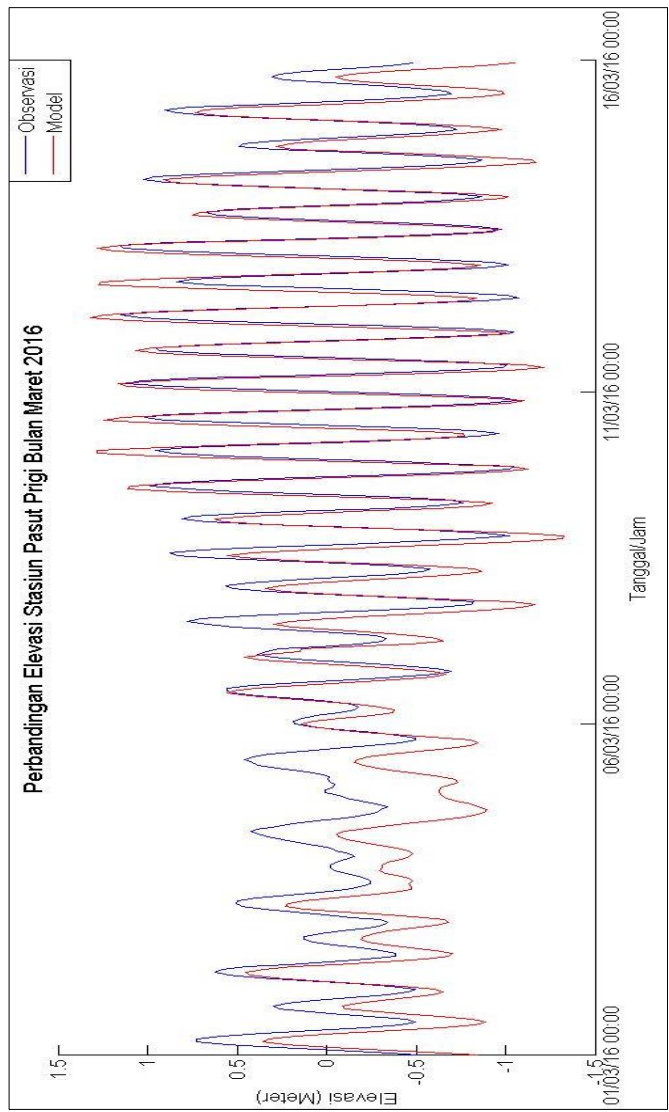
Gambar 4.25 Analisa Pasut Pacitan Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



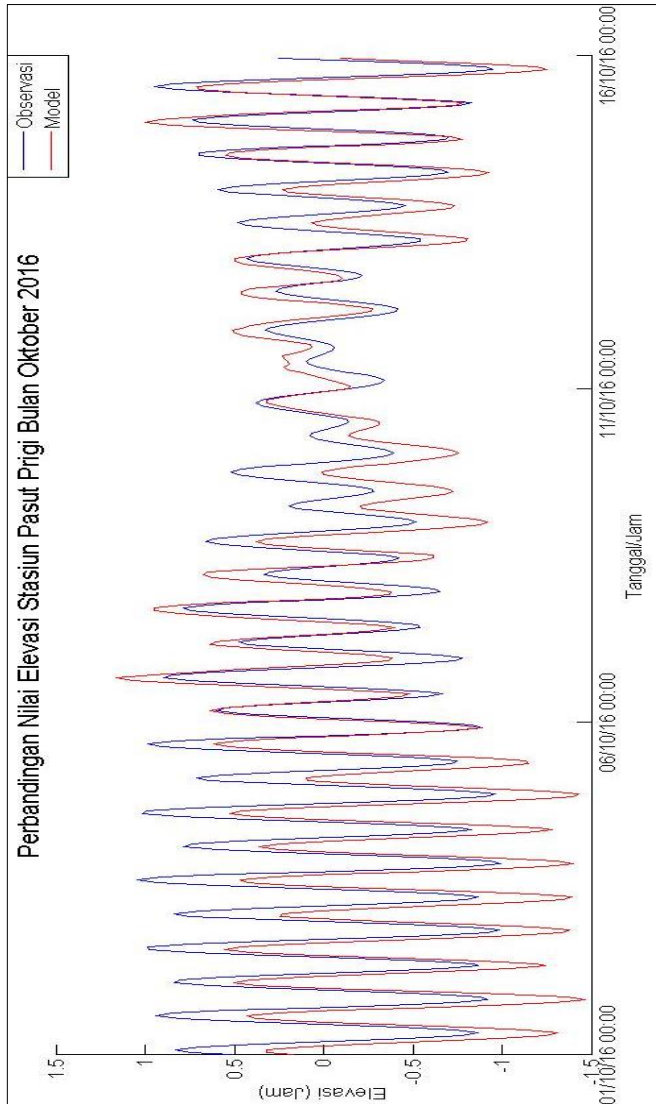
Gambar 4.27 Analisa Pasut Pacitan Bulan Oktober

7. Stasiun Pasut Prigi  
a. Pasut Bulan Maret



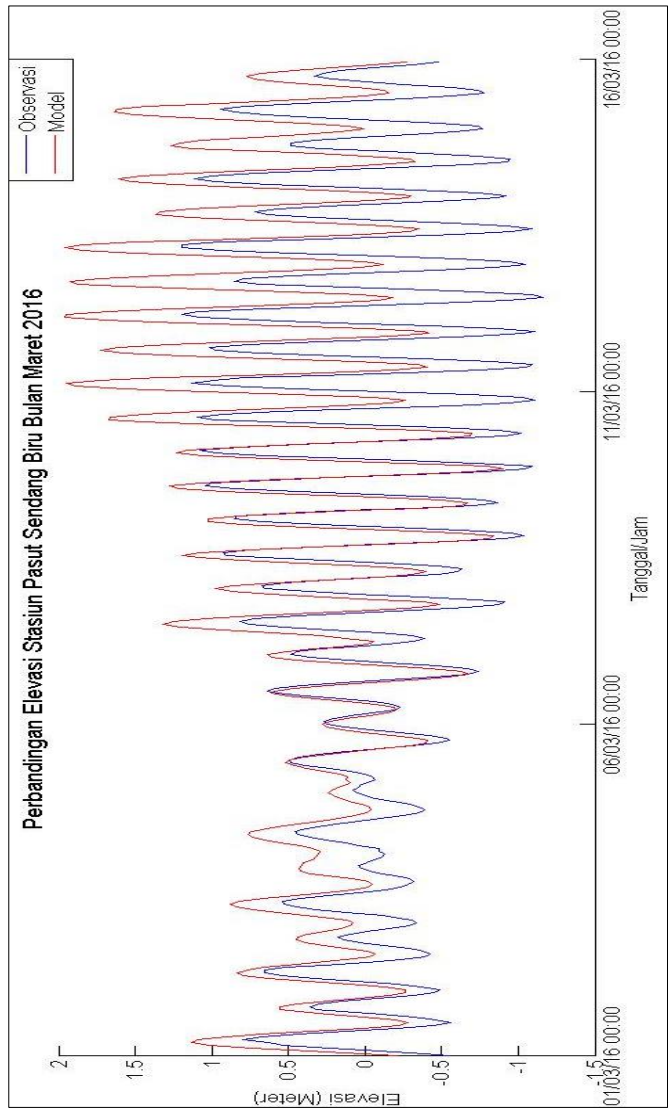
Gambar 4.29 Analisa Pasut Prigi Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



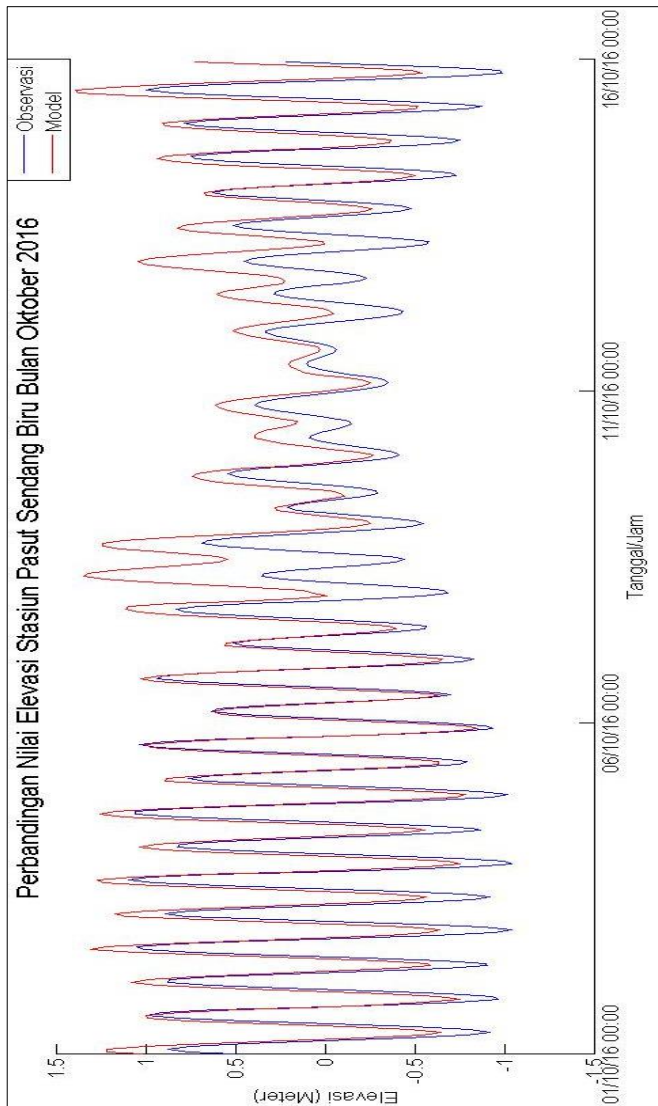
Gambar 4.31 Analisa Pasut Prigi Bulan Oktober

8. Stasiun Pasut Sendang Biru  
a. Pasut Bulan Maret



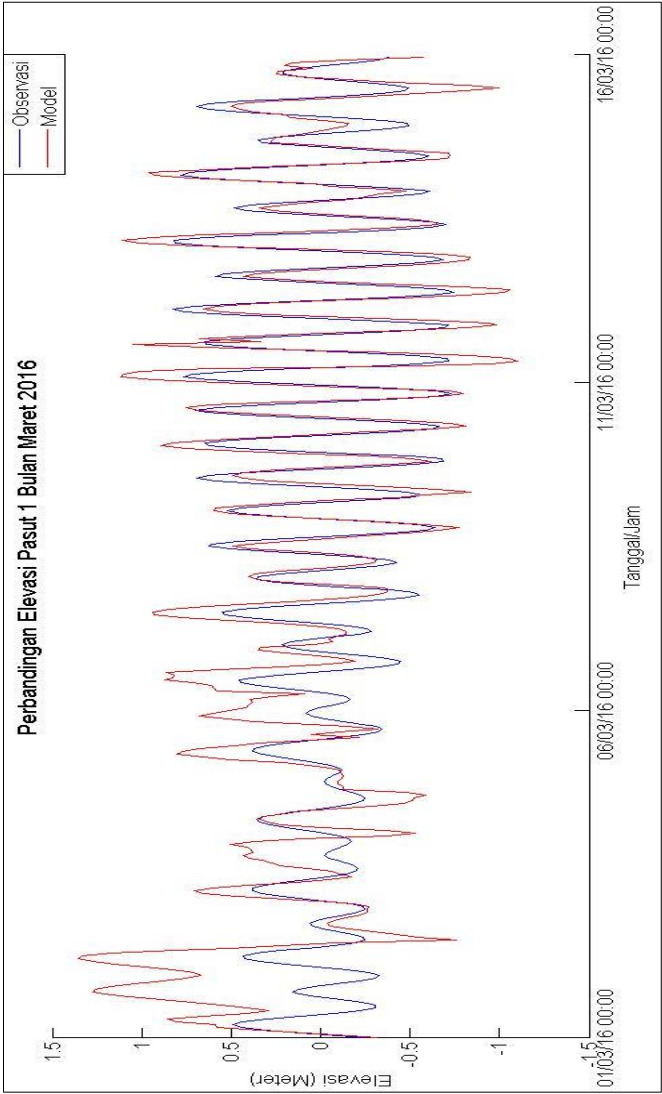
Gambar 4.33 Analisa Pasut Sendang Biru Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.35 Analisa Pasut Sendang Biru Bulan Oktober

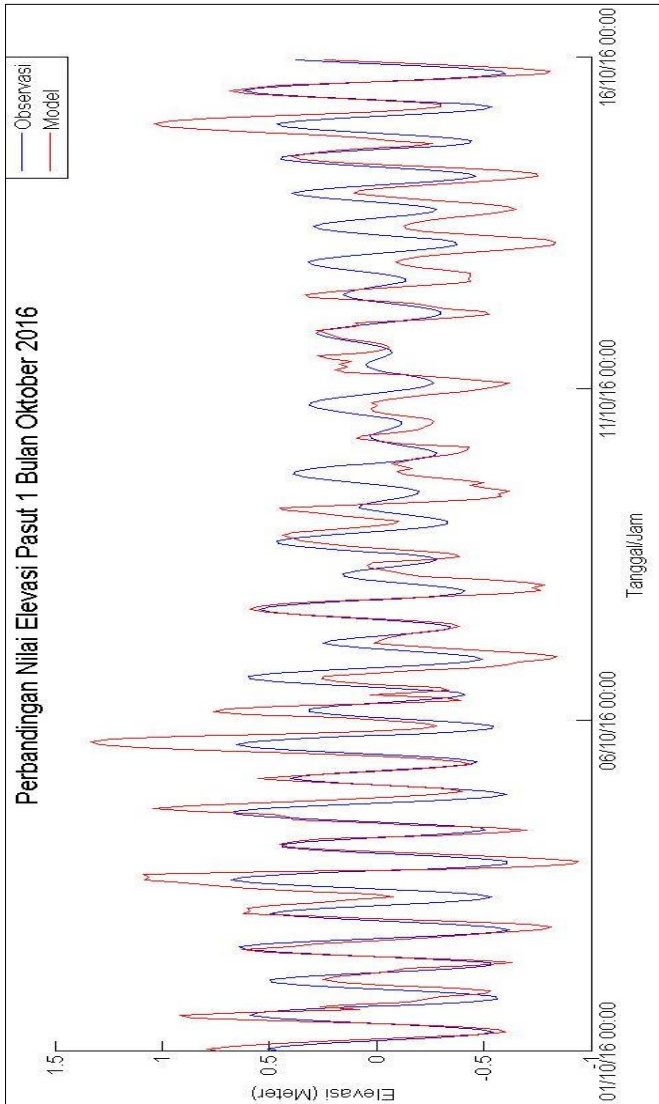
9. Pasut 1  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.37 Analisa Pasut 1 Bulan Maret

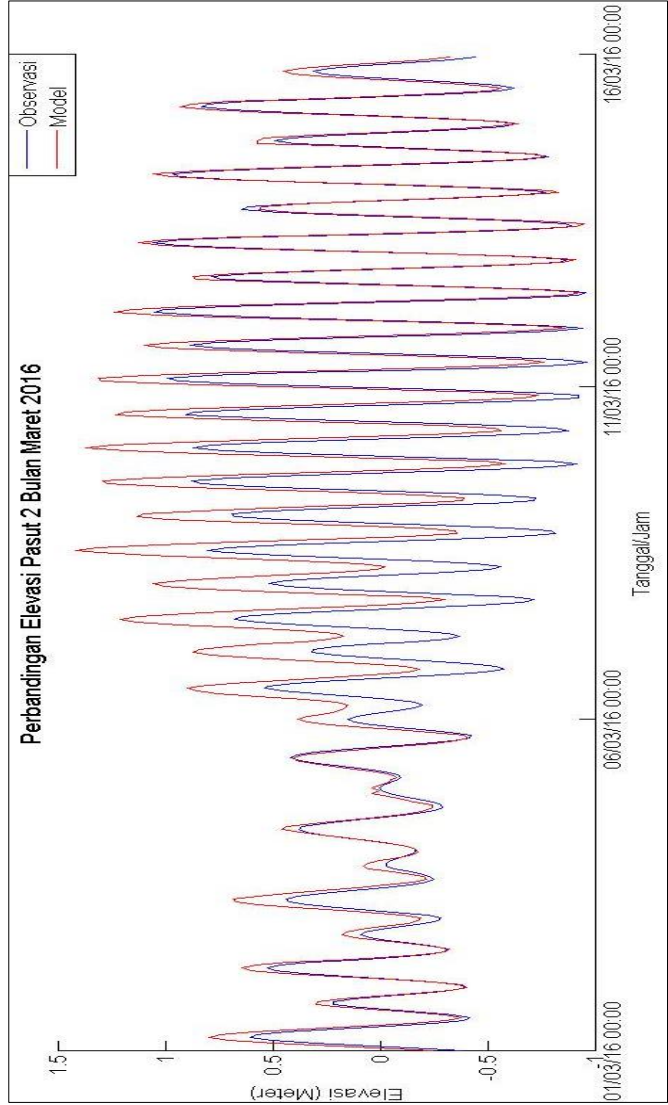


## b. Pasut Bulan Oktober



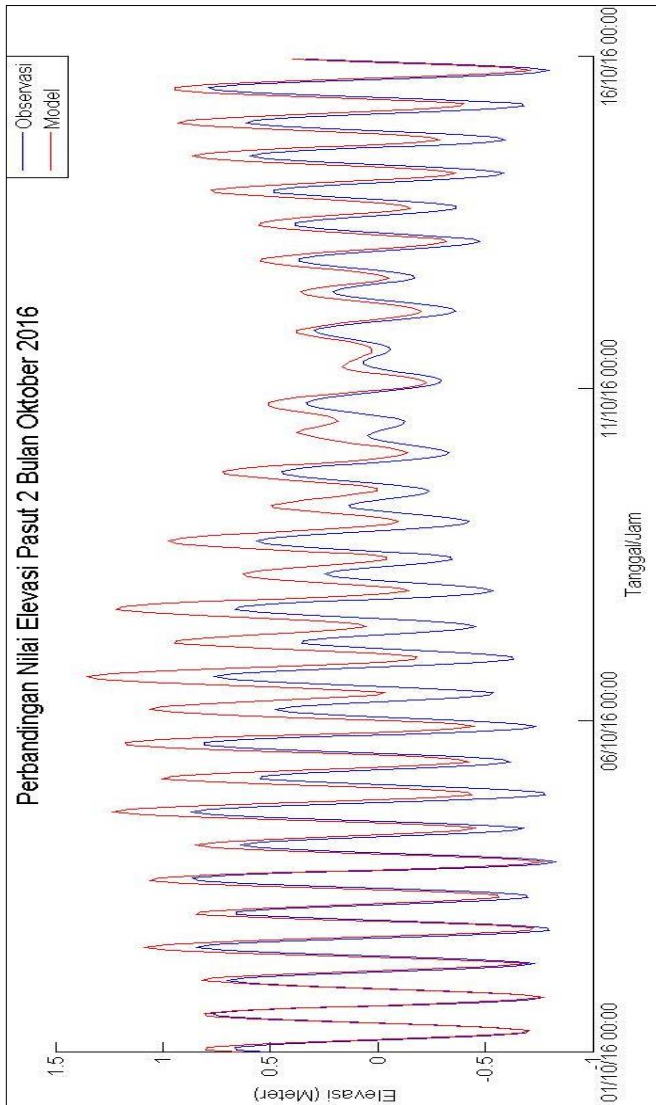
Gambar 4.39 Analisa Pasut 1 Bulan Oktober

10. Pasut 2  
a. Pasut Bulan Maret



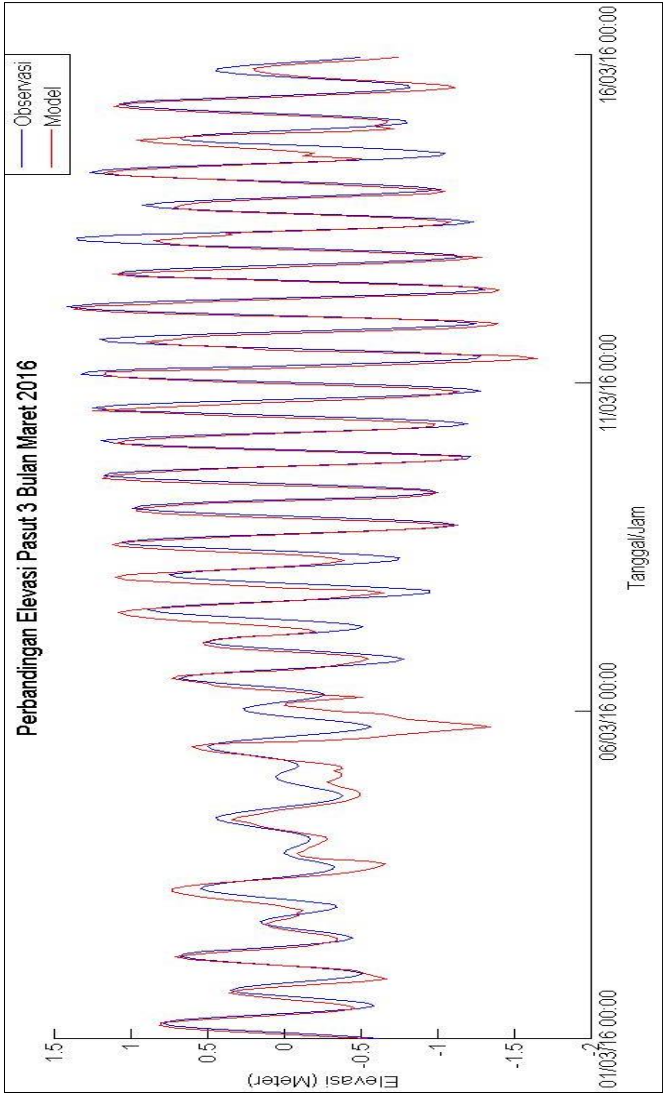
Gambar 4.41 Analisa Pasut 2 Bulan Maret

b. Pasut Bulan Oktober



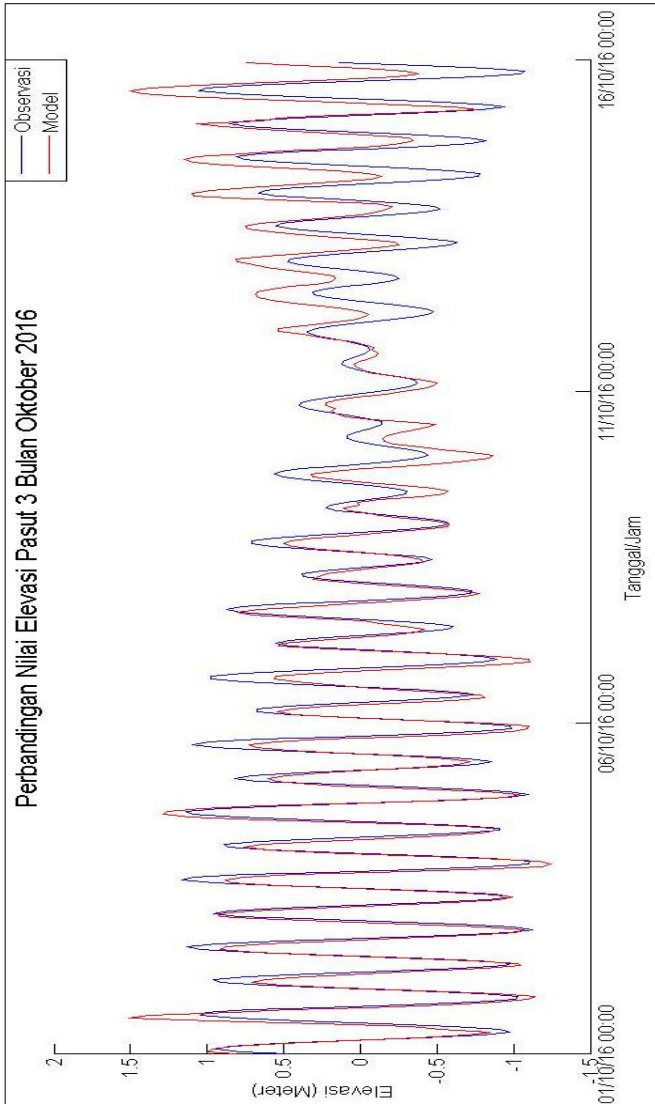
Gambar 4.43 Analisa Pasut 2 Bulan Oktober

11. Pasut 3  
a. Pasut Bulan Maret



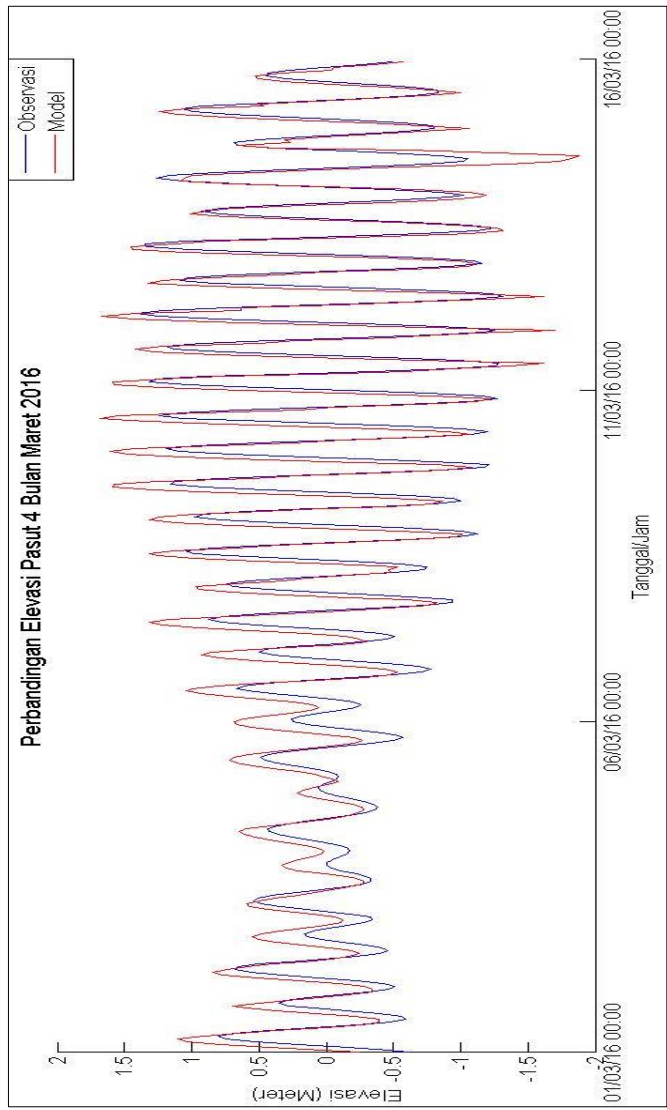
Gambar 4.45 Analisa Pasut 3 Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



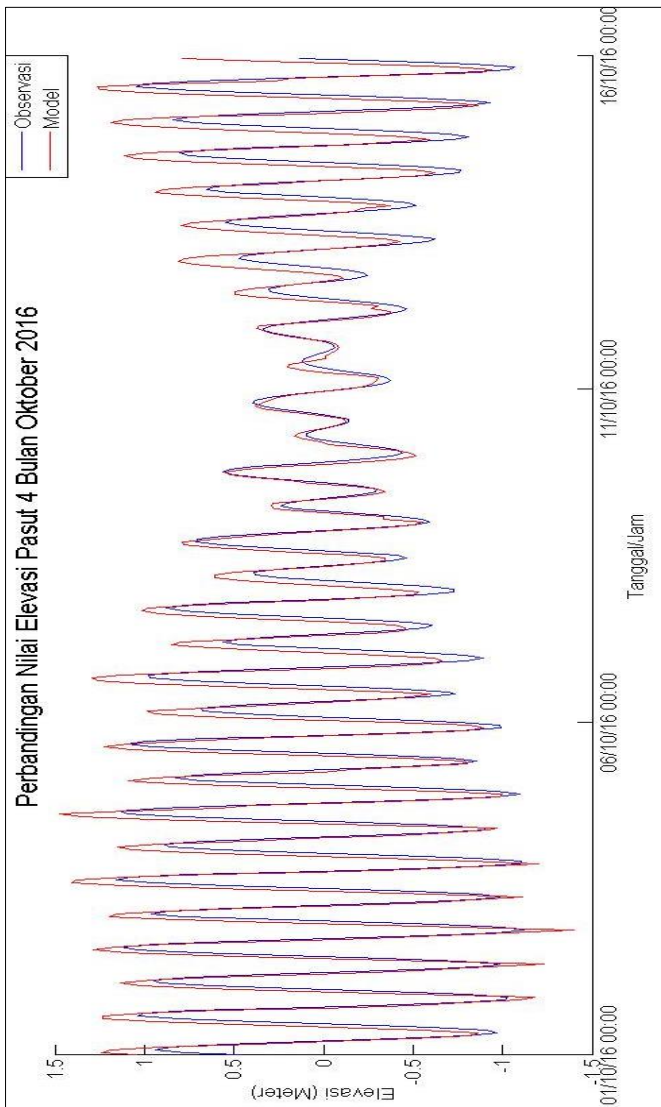
Gambar 4.47 Analisa Pasut 3 Bulan Oktober

12. Pasut 4  
a. Pasut Bulan Maret



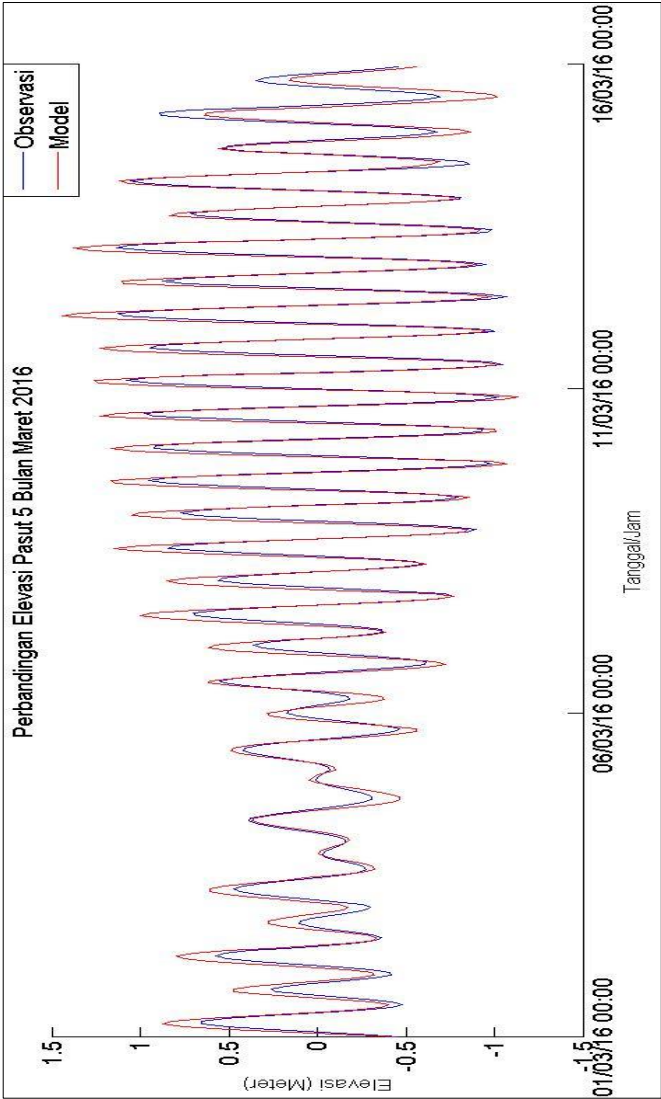
Gambar 4.49 Analisa Pasut 4 Bulan Maret

b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.51 Analisa Pasut 4 Bulan Oktober

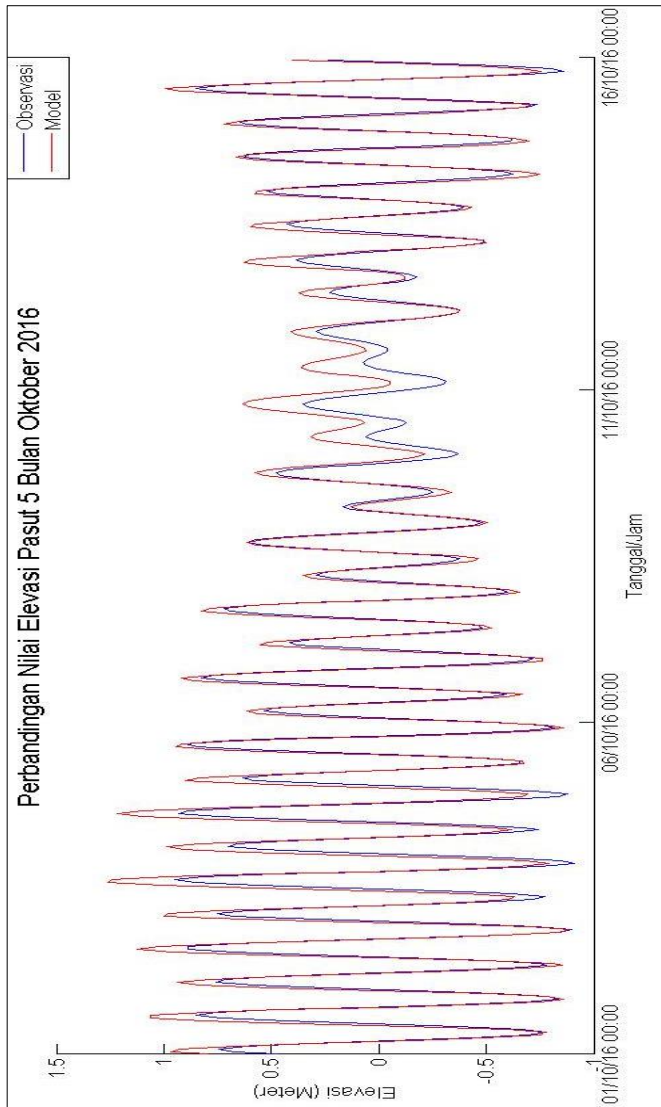
13. Pasut 5  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.53 Analisa Pasut 5 Bulan Maret

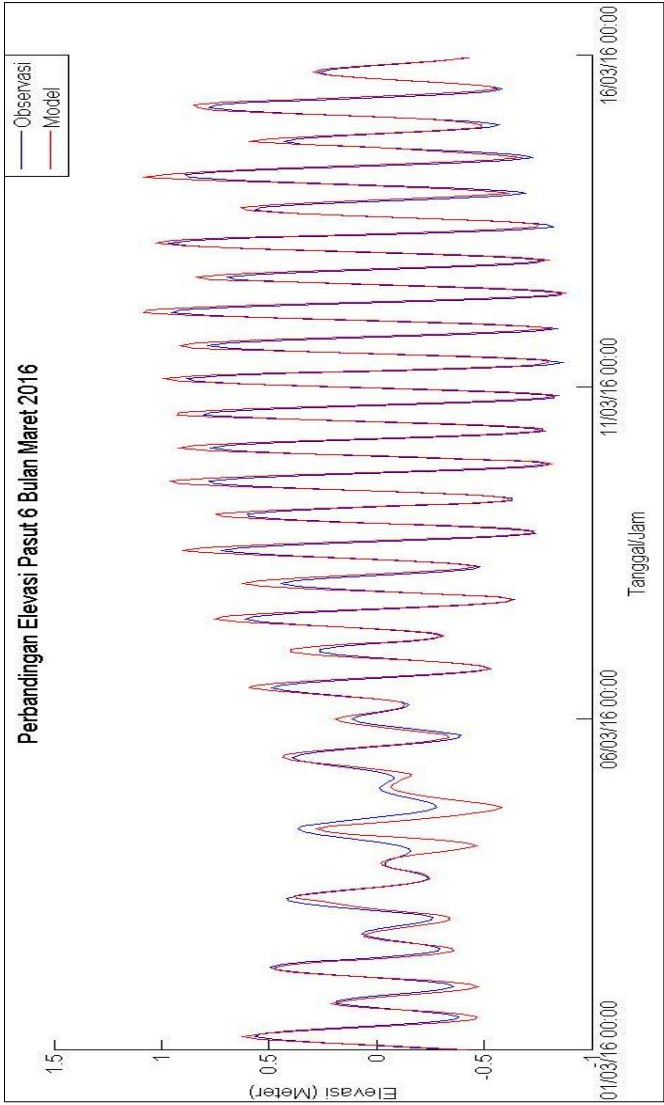


## b. Pasut Bulan Oktober



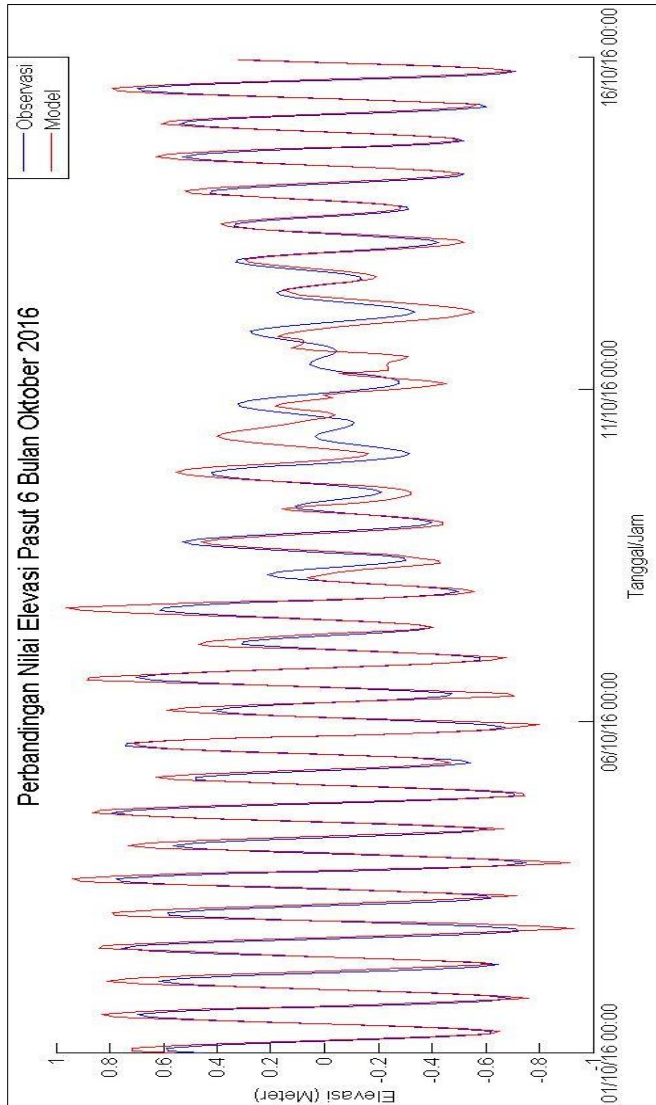
Gambar 4.55 Analisa Pasut 5 Bulan Oktober

14. Pasut 6  
a. Pasut Bulan Maret



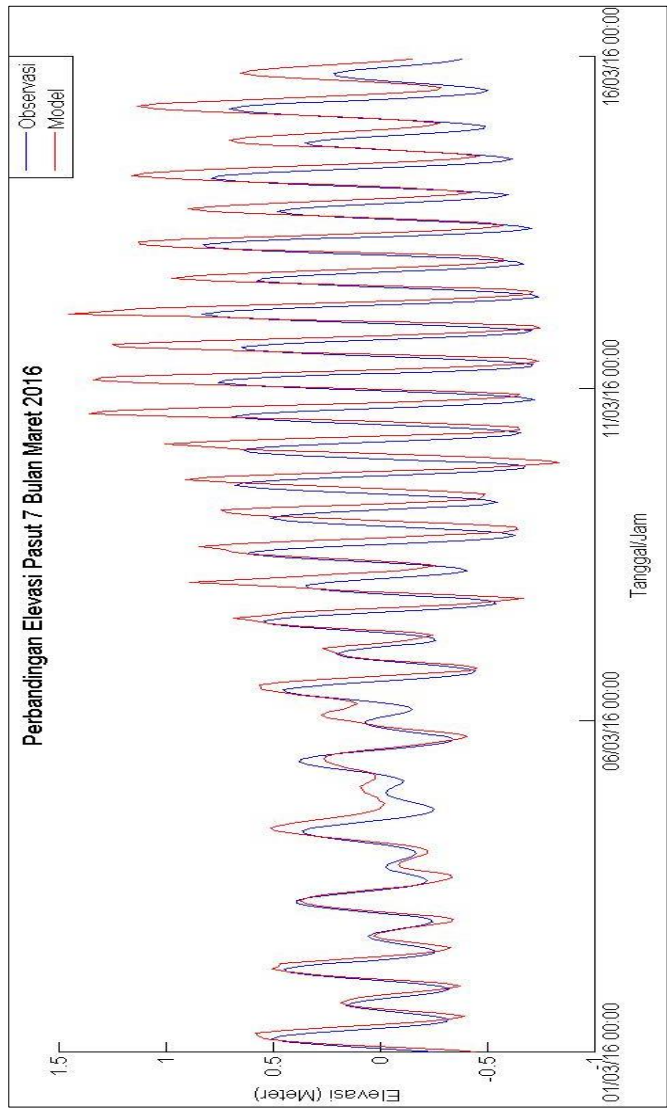
Gambar 4.57 Analisa Pasut 6 Bulan Maret

b. Pasut Bulan Oktober



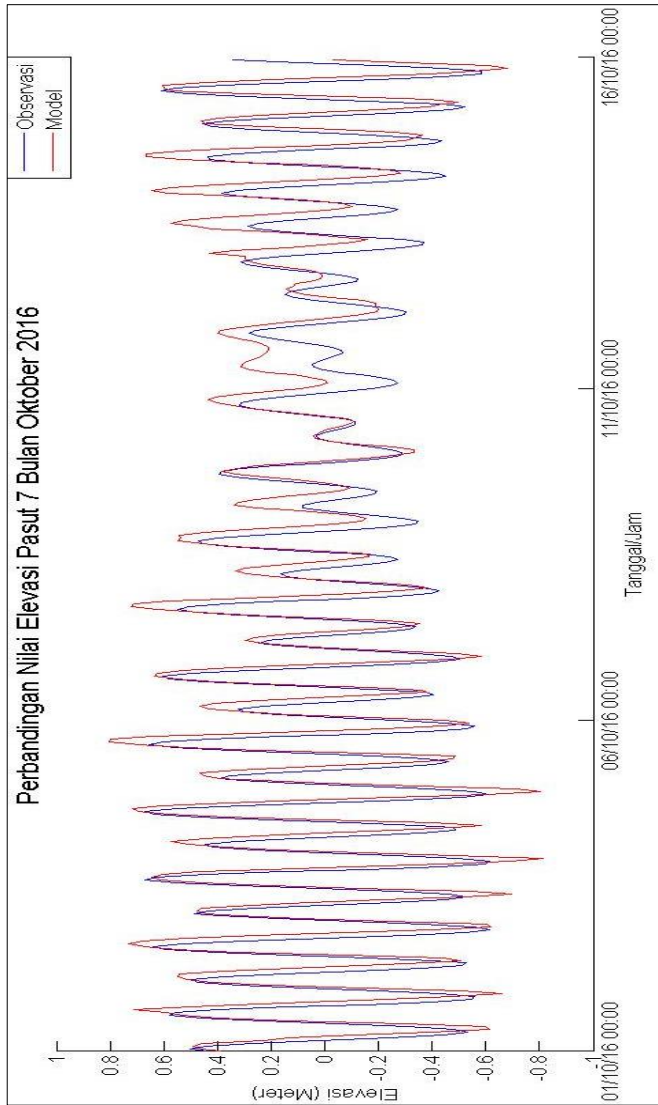
Gambar 4.59 Analisa Pasut 6 Bulan Oktober

15. Pasut 7  
a. Pasut Bulan Maret



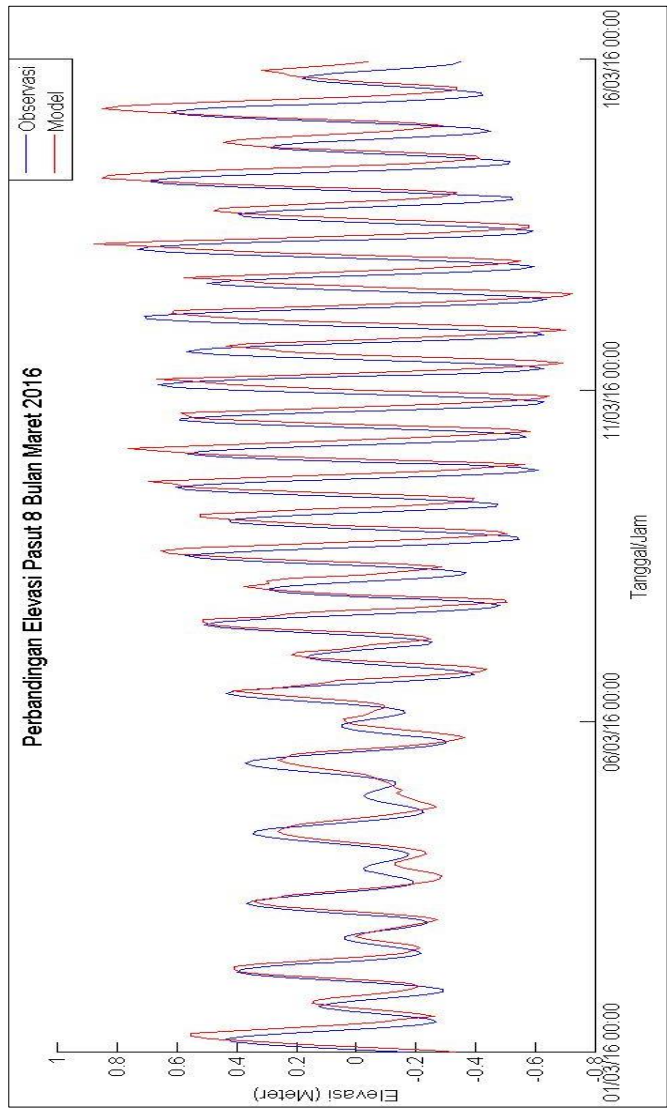
Gambar 4.61 Analisa Pasut 7 Bulan Maret

### b. Pasut Bulan Oktober



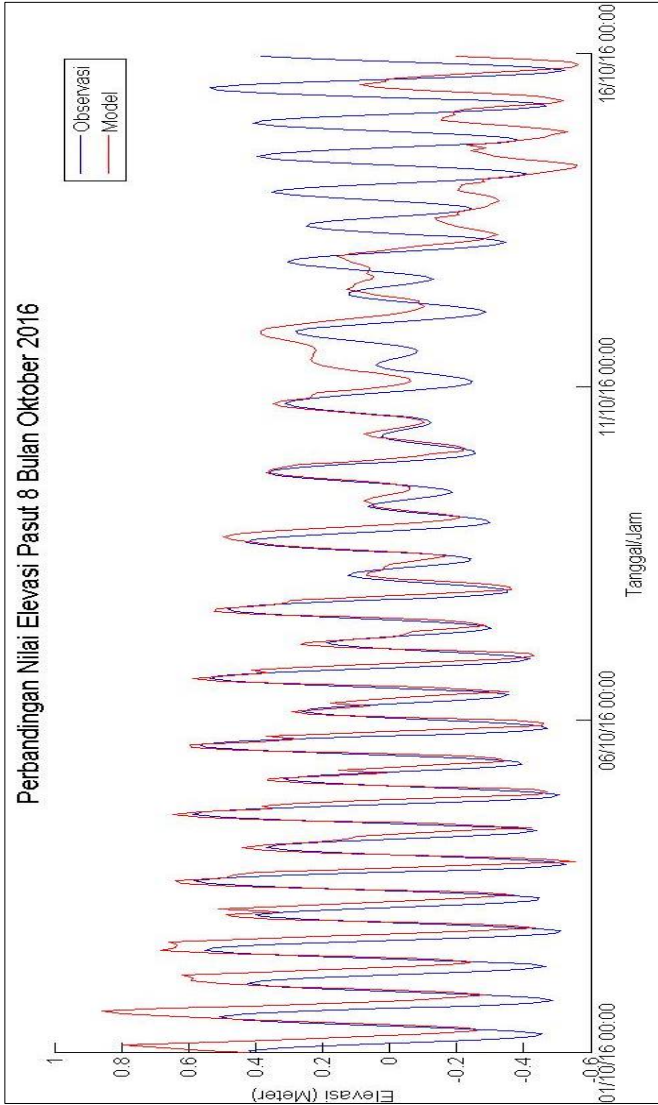
Gambar 4.63 Analisa Pasut 7 Bulan Oktober

16. Pasut 8  
a. Pasut Bulan Maret



Gambar 4.65 Analisa Pasut 8 Bulan Maret

## b. Pasut Bulan Oktober



Gambar 4.67 Analisa Pasut 8 Bulan Oktober

Untuk melakukan analisa nilai pasang surut model dengan nilai pasang surut pengamatan/prediksi dilakukan perhitungan nilai *RMSE*. Dari perhitungan nilai *RMSE* didapatkan nilai rata-rata *RMSE* pada bulan Maret sebesar 0,258 m sedangkan nilai *RMSE* pada bulan Oktober sebesar 0,239 m. Atmodjo (2011) menyatakan syarat batas modell dikatakan baik adalah 40% rata-rata nilai perbandingan antara data lapangan dengan data model. Berikut hasil perhitungan nilai *RMSE* dari setiap stasiun pasut yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Nilai *RMSE* Pasang Surut

Stasiun Pengamatan Pasut	<i>RMSE</i> (Meter)	
	Maret	Oktober
Binuangeun	0,299	0,234
Pelabuhan Ratu	0,169	0,136
Pameungpeuk	0,198	0,125
Cilacap	0,349	0,456
Sadeng	0,103	0,112
Pacitan	0,196	0,115
Prigi	0,321	0,316
Sendang Biru	0,485	0,356
Pasut 1	0,339	0,276
Pasut 2	0,245	0,270
Pasut 3	0,304	0,295
Pasut 4	0,349	0,285
Pasut 5	0,160	0,151
Pasut 6	0,117	0,126
Pasut 7	0,232	0,325
Pasut 8	0,262	0,259



Dari 16 data pasang surut bulan Maret, rata-rata memiliki nilai pasang tertinggi mencapai 1,195 m yang terjadi pada tanggal 12 pukul 09:00 pada *time step* ke 369. Sedangkan nilai surut terendah mencapai -0,914 m terjadi pada tanggal 12 pukul 10:00 pada *time step* ke 370 yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Nilai Pasang Surut Bulan Maret

Nilai Pasang Surut Bulan Maret 2016 (Meter)				
Stasiun Pengamatan Pasut	Pasang Tertinggi		Surut Terendah	
	Pengamatan	Model	Pengamatan	Model
Binuangeun	1,327	0,754	-0,666	-0,663
Pelabuhan Ratu	0,953	0,891	-0,709	-0,699
Pameungpeuk	0,849	0,869	-1,235	-0,775
Cilacap	1,295	0,965	-0,838	-0,915
Sadeng	1,235	1,141	-1,002	-1,060
Pacitan	1,235	1,124	-1,002	-0,846
Prigi	1,315	1,156	-1,328	-1,074
Sendang Biru	1,964	1,191	-0,900	-1,159
Pasut 1	1,351	0,830	-1,102	-0,741
Pasut 2	1,414	1,054	-0,947	-0,965
Pasut 3	1,367	1,410	-1,654	-1,313
Pasut 4	0,877	0,735	-0,727	-0,638
Pasut 5	1,453	0,828	-0,839	-0,737
Pasut 6	1,084	0,965	-0,881	-0,869
Pasut 7	1,439	1,134	-1,130	-1,068
Pasut 8	1,680	1,405	-1,877	-1,315

Dari 16 data pasang surut bulan Oktober, rata-rata memiliki nilai pasang surut tertinggi 0,882 m yang terjadi pada tanggal 4 pukul 18.00 pada *time step* ke 186. Sedangkan nilai

surut terendah -0,830 m terjadi pada tanggal 4 pukul 11:00 pada *time step* ke 179 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Nilai Pasang Surut Bulan Oktober

Nilai Pasang Surut Bulan Oktober 2016 (Meter)				
Stasiun Pengamatan Pasut	Pasang Tertinggi		Surut Terendah	
	Pengamatan	Model	Pengamatan	Model
Binuangneun	1,050	0,609	-0,533	-0,549
Pelabuhan Ratu	0,759	0,622	-0,541	-0,562
Pameungpeuk	1,024	0,706	-0,708	-0,650
Cilacap	1,574	0,836	-0,614	-0,754
Sadeng	1,022	0,949	-0,926	-0,909
Pacitan	1,022	0,980	-0,926	-0,938
Prigi	1,166	1,044	-1,467	-0,995
Sendang Biru	1,393	1,098	-0,852	-1,043
Pasut 1	1,336	0,676	-0,941	-0,616
Pasut 2	1,357	0,871	-0,776	-0,828
Pasut 3	1,511	1,164	-1,248	-1,122
Pasut 4	0,858	0,588	-0,561	-0,526
Pasut 5	0,804	0,671	-0,811	-0,615
Pasut 6	0,964	0,790	-0,927	-0,751
Pasut 7	1,258	0,949	-0,883	-0,910
Pasut 8	1,471	1,159	-1,399	-1,121

#### 4.3 Analisis Model Hidrodinamika

Pada penelitian ini, model hidrodinamika menggunakan *software* pengolah dalam bentuk 3 Dimensi dengan struktur *mesh* dalam bentuk TIN. Pemodelan ini bersifat barotropik, dimana perubahan suhu dan salinitas diabaikan. Untuk pemilihan waktu pemodelan, mengacu pada data curah hujan

Stasiun Meteorologi Kelas III Cilacap tahun 2016 dengan jumlah curah hujan terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 91 milimeter dan curah hujan tertinggi pada bulan Oktober sebesar 720 milimeter. Data dari setiap bulan tersebut menggunakan tanggal 1 sampai dengan 15 serta menggunakan data tambahan 4 (empat) hari sebelum pengamatan yang digunakan untuk proses *warming up* model. Untuk parameter yang digunakan dalam pemodelan hidrodinamika adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Parameter Model Hidrodinamika 3D

<b>Parameter</b>	<b>Maret 2016</b>	<b>Oktober 2016</b>
Jumlah <i>Time step</i>	456	456
Interval <i>Time step</i>	3600	3600
Tanggal Mulai Simulasi	26/02/2016 00:00:00	27/09/2016 00:00:00
Tanggal Selesai Simulasi	16/03/2016 00:00:00	16/10/2016 00:00:00
Lama Simulasi	13:38:43 Jam (Tgl 20 21:05:17 s/d 21:10:44 Mei 2017)	15:31:21 Jam (Tgl 21 18:19:39 s/d 22:09:51 Mei 2017)
<i>Warming Up Data</i>	26 s/d 29 Februari 2016	27 s/d 30 September 2016
<i>Input Data</i>	<i>Mesh</i> , Jumlah Layer Kedalaman, Curah Hujan, Data Pasut dan Data Koordinat Turbin, <i>Centroid</i> Turbin	
<i>Output Data</i>	1. Model 3 Dimensi (Kecepatan Arus, Arah Arus) 2. Model 2 Dimensi (Elevasi Permukaan, Kecepatan Arus, Arah Arus) 3. Data Turbin (Kuat Arus dan Arah Arus)	

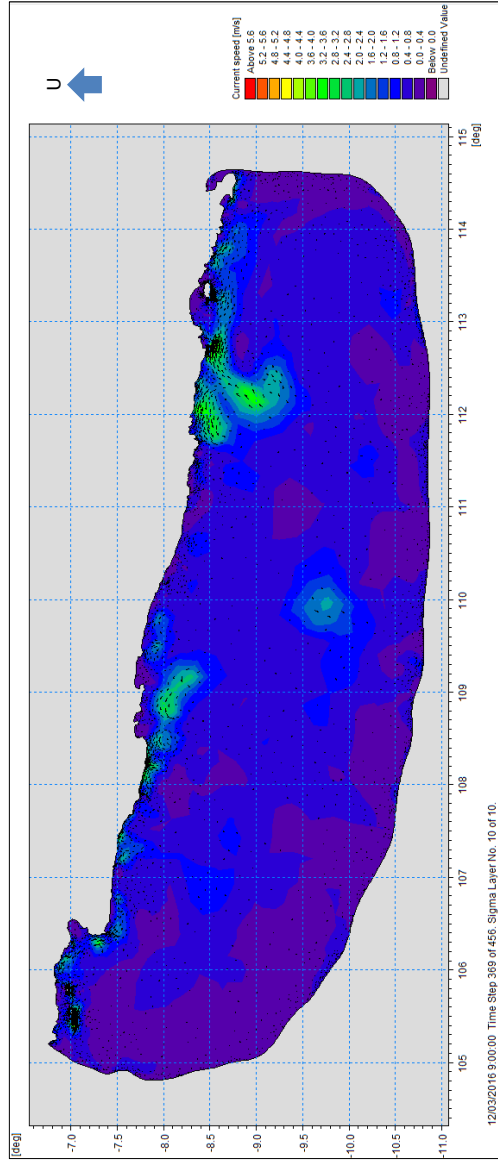
Untuk parameter lain didefinisikan menggunakan nilai yang diperoleh dari penelitian sebelumnya atau *default* dari *software* pengolah dikarenakan data yang diperoleh sangat terbatas keterbatasan data pada lokasi penelitian.

#### **4.4 Analisis Arus**

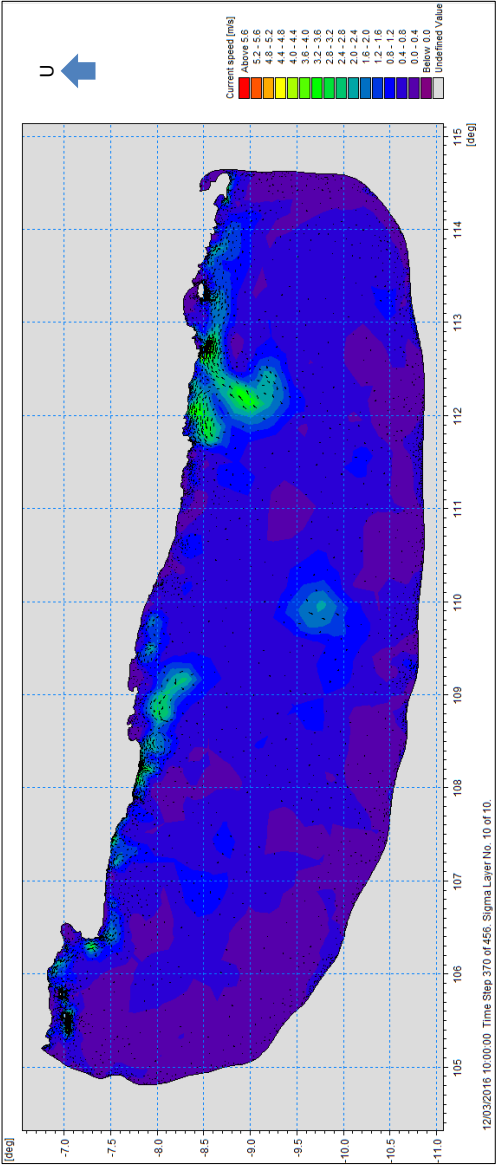
Berdasarkan hasil model hidrodinamika 3D Pantai Selatan Jawa memiliki kecepatan arus maksimum pada bulan Maret adalah sebesar 9,275 m/s dan kecepatan arus maksimum pada bulan Oktober adalah sebesar 9,409 m/s. Sedangkan hasil model hidrodinamika 2D kecepatan arus maksimum pada bulan Maret adalah sebesar 8,288 m/s dan kecepatan arus maksimum pada bulan Oktober adalah sebesar 8,249 m/s.

Berdasarkan hasil model hidrodinamika 3D, pola arus bulan Maret saat pasang tertinggi memiliki kecepatan maksimum sebesar 5,881 m/s terjadi pada koordinat 105,387°; -7,040° tanggal 12 pukul 09:00 saat *time step* 369. Arus bergerak dari laut menuju daratan kemudian berbelok ke arah timur dan barat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.37. Sedangkan arus saat surut terendah terjadi pada tanggal 12 pukul 10:00 saat *time step* 370 dengan kecepatan maksimum 5,812 m/s pada koordinat 112,648°; -8,482°. Pola arus bergerak menjauhi daratan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.38.

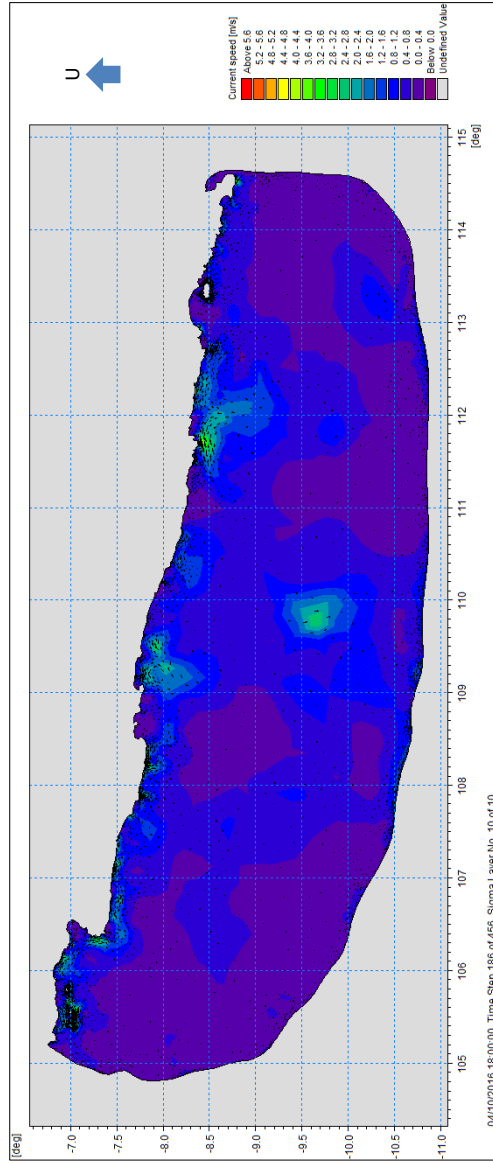
Pola arus bulan Oktober saat pasang tertinggi terjadi pada koordinat 105,387°; -7,040°, kecepatan arus sebesar 5,679 m/s yang terjadi pada tanggal 4 pukul 18:00 saat *time step* 186. Pola arus yang terjadi bergerak mendekati daratan dan berbelok ke arah barat dan timur yang ditunjukkan pada Gambar 4.39. Sedangkan saat surut terendah kecepatan arus maksimum terjadi pada koordinat 105,387°; -7,040° pada tanggal 4 pukul 11:00 saat *time step* 179 sebesar 6,374 m/s dengan pola arus bergerak menjauhi daratan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.40. Pada koordinat 105,387°; -7,040° mengalami peningkatan kecepatan sebesar 0,695 m/s pada rentan waktu 7 jam.



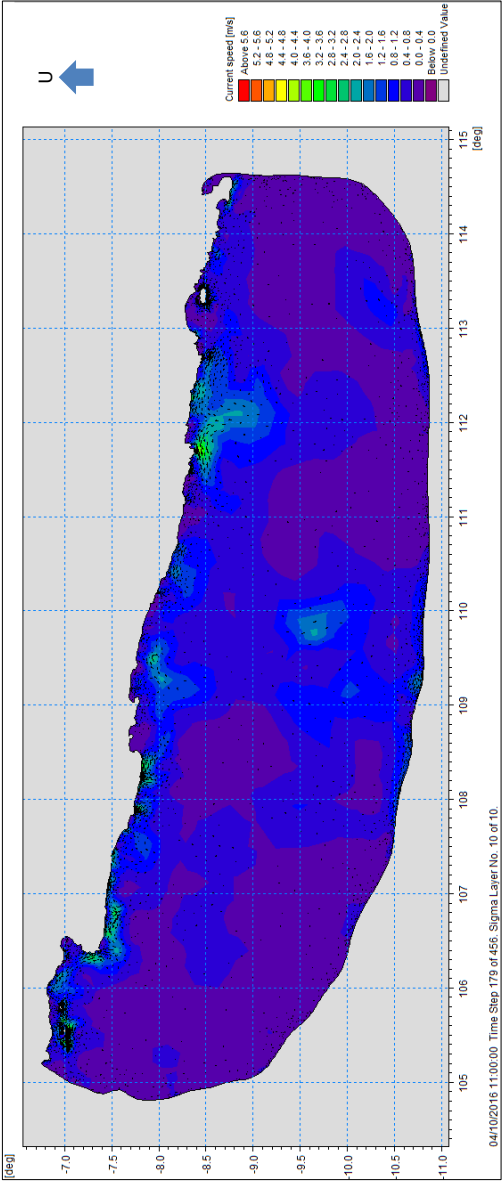
Gambar 4.69 Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Bulan Maret



Gambar 4.71 Pola Arus Saat Surut Terendah Bulan Maret



Gambar 4.73 Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Bulan Oktober

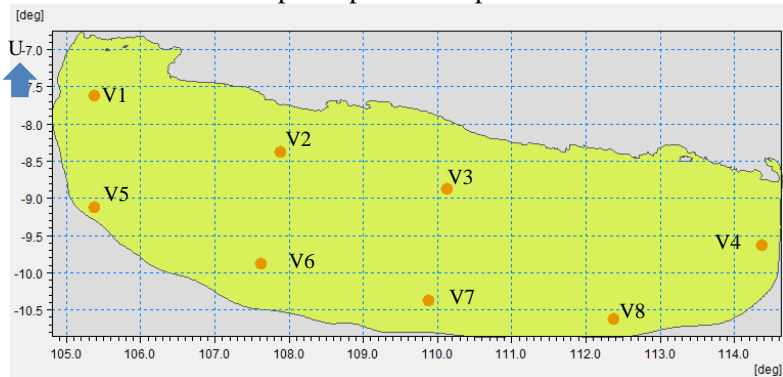


Gambar 4.75 Pola Arus Saat Surut Terendah Bulan Oktober



Dari hasil pelaksanaan simulasi hidrodinamika seperti yang ditunjukkan pada gambar pola arus terlihat bahwa arus di pantai selatan Jawa bergerak bolak-balik mengikuti pola pasang surut di perairan tersebut. Dalam simulasi ini diasumsikan kedalaman perairan dianggap tetap sehingga tidak ada perairan yang tenggelam atau tersingkap dengan adanya naik turunnya muka laut akibat pasang surut.

Untuk mengidentifikasi nilai kecepatan arus model dilakukan dengan membandingkan data kecepatan arus model dari *output surface elevation* dengan arus geostropik yang telah diolah dari data satelit Altimetri dengan melakukan perhitungan nilai *RMSE*. Perhitungan ini menggunakan 8 titik sample kecepatan arus model dan 8 titik arus geostropik. Lokasi 8 titik sampel dapat dilihat pada Gambar 4.37 berikut.



Gambar 4.77 Analisa Lokasi Titik Sampel Kecepatan Arus

Kemudian data dari 8 titik sampel tersebut dilakukan analisa nilai kecepatan arus menggunakan perhitungan nilai *RMSE* pada hasil model dan data arus geostropik. Berikut merupakan hasil nilai *RMSE* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Nilai *RMSE* Kecepatan Arus

Titik Sampel Arus	<i>RMSE</i> (m/s)	
	Maret	Oktober
V1	0,038	0,310
V2	0,695	0,997
V3	0,901	0,125
V4	0,755	0,270
V5	0,466	0,065
V6	0,359	0,457
V7	0,116	0,732
V8	0,091	0,857

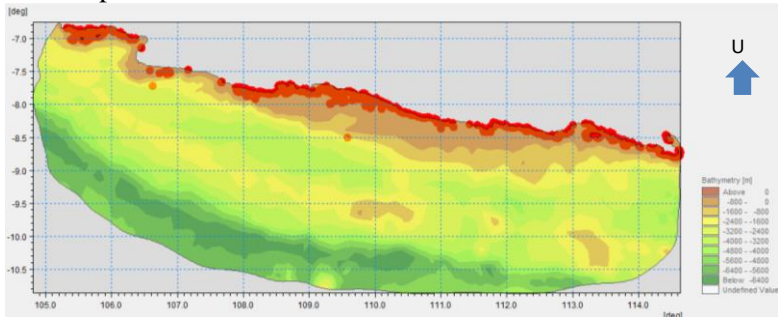
Rata-rata nilai *RMSE* kecepatan arus pada bulan Maret sebesar 0,428 m/s sedangkan pada bulan Oktober 0,477 m/s. Meskipun hasil perhitungan *RMSE* kurang dari sama dengan satu, namun nilai *RMSE* masih cukup besar karena pada pemodelan ini menghasilkan arus pasang surut yang timbul dari pengaruh fase pasang surut. Sedangkan data kecepatan arus yang digunakan untuk memvalidasi arus model adalah data kecepatan arus geostropik dari satelit altimetri yang merupakan arus permukaan laut akibat gradien tekanan mendatar yang menggerakkan arus dalam arah horisontal dan dipengaruhi gaya koriolis yang disebabkan adanya rotasi bumi (Marpaung dan Prayogo, 2014). Dapat dikatakan bahwa faktor pembangkit arus pasut berbeda dengan arus geostropik sehingga hasil validasi tidak sama atau kurang mendekati. Atmodjo (2011) menyatakan syarat batas model dikatakan baik adalah 40% rata-rata nilai perbandingan antara data lapangan dengan data model.

#### **4.5 Analisis Lokasi MCT dan Estimasi Energi**

##### **4.5.1 Analisa Lokasi MCT**

Sebelum menentukan lokasi MCT yang sesuai, dilakukan dengan memasukkan seluruh data koordinat yang memiliki kedalaman air antara 30 sampai dengan 40

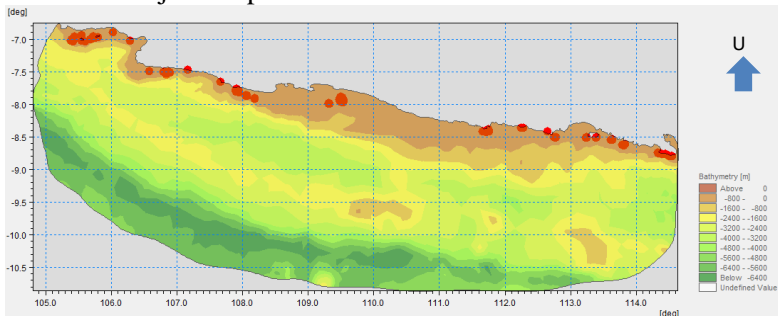
meter sebanyak 1428 koordinat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.54 berikut.



Gambar 4.78 Koordinat dengan Batimetri 30 s/d 40 meter

#### 4.5.2 Analisa Kecepatan Arus MCT

Setelah proses running didapatkan hasil model hidrodinamika 3 dimensi dan data kecepatan arus yang dihasilkan pada setiap koordinat turbin tersebut. Terdapat 124 lokasi berpotensi untuk pembangunan MCT yang memiliki rata-rata kecepatan arus minimum 1,5 m/s pada bulan Maret dan Oktober. Hasil dari 124 koordinat tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.43.



Gambar 4.79 Lokasi Koordinat Estimasi MCT

Terdapat 22 titik persebaran lokasi MCT di bagian selatan Provinsi Banten, 32 titik di Provinsi Jawa Barat pada bagian selatan daerah Cipamingkis, Gardu dan Ciawetali, 24 titik di Provinsi Jawa Tengah yang terletak pada bagian selatan Kebumen, serta 46 titik di Provinsi

Jawa Timur tersebar di bagian selatan Tulung Agung, Trenggalek, Blitar, Pulau Sempu, Jember dan Taman Nasional Alas Purwo.

Untuk nilai kecepatan arus MCT yang digunakan dihitung berdasarkan 1/3 bagian atas kedalaman air hasil running *software* pengolah. Dari data tabel tersebut, kemudian menentukan rata-rata kecepatan arus maksimum dan minimum. Pada bulan Maret dan Oktober, Turbin 513 mengalami rata-rata kecepatan arus terbesar dengan nilai 3,748 m/s dan 3,408 m/s. Sedangkan rata-rata kecepatan arus terendah di bulan Maret terjadi pada Turbin 706 dengan nilai 1,510 m/s dan bulan Oktober terjadi pada Turbin 901 dengan nilai 1,509 m/s.

#### **4.5.3 Analisa Energi yang Dihasilkan**

##### **a. Analisa MCT**

Pemilihan ukuran diameter turbin didasarkan pada karakteristik dari turbin SeaGen memiliki diameter rotor antara 16 sampai dengan 25 meter. Akan tetapi, pada penelitian ini dipilih ukuran diameter rotor 16, 18, dan 20 meter. Keuntungan lain pemilihan turbin SeaGen S adalah rotor dapat dipasang pada kedua sisi membentuk sudut  $180^0$  dengan memperhitungkan energi yang dihasilkan serta dapat beroperasi dalam dua arah aliran arus yang berbeda.

Menurut Godin (1972), kecepatan arus pasut lebih besar dekat dengan permukaan air, dan rendah dekat dengan dasar laut. Sehingga pada penelitian ini, rotor diletakkan pada kedua *crossbeam* pada 1/3 kedalaman bagian atas kolom air (*centroid*), biasanya pada area ini arus pasang surut yang terjadi sangat kuat sehingga memaksimalkan energi yang diperoleh. Ukuran diameter rotor, operasi kedalaman, dan pusat pemasangan rotor diatas dasar laut (*centroid*) dijelaskan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.7 Parameter Tipe Diameter Rotor

<b>Diameter Rotor (m)</b>	<b>Kedalaman (m)</b>	<b><i>Centroid</i> (m)</b>
16	30	20,00
	31	20,67
	32	21,33
	33	22,00
18	34	22,67
	35	23,33
	36	24,00
	37	24,67
20	38	25,33
	39	26,00
	40	26,67

b. Analisa Hasil Estimasi Energi

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya (subbab 2.1.1), diasumsikan untuk studi kasus Pantai Selatan Jawa koefisien energi (0.35) pada rata-rata kecepatan arus yang digunakan dan turbin bergerak selama 24 jam. Energi yang dihasilkan menggunakan data kecepatan arus bulan Maret dan Oktober dari model hidrodinamika 3D selama 15 hari. Perhitungan energi yang dihasilkan menggunakan persamaan 2.3 pada subbab sebelumnya dengan menggunakan rotor ganda. Hasil nilai estimasi energi dengan rotor ganda yang dihasilkan disajikan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 berikut berdasarkan ukuran diameter dari masing-masing rotor:

Tabel 4.8 Hasil Estimasi Energi Bulan Maret

<b>Bulan</b>	<b>Maret</b>		
<b>Diameter Rotor (m)</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>
<b>Energi Total (kW)</b>	53,174	116,900	61,731
<b>Energi Total 15 Hari (kWh)</b>	19142,742	42084,166	22223,026
<b>Energi Rata-Rata per Bulan (MWh)</b>	38,285	84,168	44,446
<b>Energi Total per Bulan (MWh)</b>	166,900		

Tabel 4.9 Hasil Estimasi Energi Bulan Oktober

<b>Bulan</b>	<b>Oktober</b>		
<b>Diameter Rotor (m)</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>
<b>Energi Total (kW)</b>	52,458	100,936	68,017
<b>Energi Total 15 Hari (kWh)</b>	18884,791	36337,053	24485,972
<b>Energi Rata-Rata per Bulan (MWh)</b>	37,770	72,674	48,972
<b>Energi Total per Bulan (MWh)</b>	159,416		

Berdasarkan estimasi energi yang telah dihasilkan, pemerintah dapat memangkas subsidi listrik rumah tangga sebesar 1940 rumah tangga dengan pemakaian daya 450 VA atau 86 kWh/bulan sedangkan untuk pemangkasan subsidi listrik dengan pemakaian 900 VA

atau 124 kWh/bulan sebanyak 1345 rumah tangga, dimana rata-rata kebutuhan energi untuk pemakaian listrik rumah tangga di Indonesia sebesar 450 VA atau 86 kWh/bulan sedangkan untuk pemakaian listrik 900 VA atau 124 kWh/bulan (PLN, 2016).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari penelitian tentang optimalisasi energi MCT yang dilakukan di Pantai Selatan Jawa menggunakan model hidrodinamika 3D menghasilkan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut.

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

- a. Pola arus bulan Maret saat pasang tertinggi memiliki kecepatan maksimum sebesar 5,881 m/s sedangkan kecepatan arus bulan Oktober saat pasang tertinggi sebesar 5,679 m/s.
- b. Dari data 1428 batimetri yang memiliki nilai kedalaman antara 30 sampai dengan 40 meter, menghasilkan 124 koordinat berpotensi yang memiliki nilai kecepatan arus minimal 1,5 m/s untuk pembangunan MCT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.79. Terdapat 22 titik persebaran lokasi MCT di bagian selatan Provinsi Banten, 32 titik di Provinsi Jawa Barat pada bagian selatan daerah Cipamingkis, Gardu dan Ciawetali, 24 titik di Provinsi Jawa Tengah yang terletak pada bagian selatan Kebumen, serta 46 titik di Provinsi Jawa Timur tersebar di bagian selatan Tulung Agung, Trenggalek, Blitar, Pulau Sempu, Jember dan Taman Nasional Alas Purwo.
- c. Estimasi energi yang dihasilkan turbin tipe SeaGen dengan rotor ganda dihitung berdasarkan ukuran diameter rotor serta nilai kedalaman lokasi turbin. Pada bulan Maret menghasilkan energi listrik sebesar 166,900 MWh sedangkan pada bulan Oktober 159,416 MWh.

#### **a. Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penembangan penelitian ini dan pengembangan energi terbarukan yang berasal dari arus laut antara lain:

- a. Melakukan pemodelan yang bersifat baroklinik dengan memperhitungkan perubahan suhu dan salinitas.
- b. Diperlukan penelitian lanjutan untuk memastikan hasil estimasi energi MCT menggunakan data pengukuran secara langsung seperti pengukuran batimetri, pengukuran arus, pengukuran angin untuk mendapatkan nilai dan lokasi yang lebih pasti.
- c. Untuk penentuan estimasi energi MCT melakukan penambahan parameter seperti koefisien tarik ( $C_D$ ) dan koefisien angkat ( $C_F$ ) untuk mengetahui efek aliran karena hambatan induksi pada setiap turbin, menghitung *cut-in speed* (kecepatan arus minimum yang digunakan saat inisiasi rotasi turbin), serta kondisi struktur batuan *seabed*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhyatma, D., 2015. *"Studi Permodelan Numerik 3D Sirkulasi Arus di Teluk Jakarta : Sebelum dan Sesudah Reklamasi"*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Ainsworth, D. & Thake, J., 2006. *"Final Report on Preliminary Works Associated with 1 MW Tidal Turbine"*. DTI Technology Programme: New and Renewable Energy.
- Atmodjo, W., 2011. *"Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan"*. Buletin Oseanografi Marina . Semarang: Universitas Diponegoro. Vol.1 60-81.
- Aziz, S.N., 2009. *"Tidal Energy Resources Assessment in Indonesia a Case Study in Alas Strait"*. Thesis. Netherlands : Delft University of Technology.
- Bahaj, A. & Myers, L., 2003. *"Fundamentals Applicable to The Utilisation of Marine Current Turbines for Energy Production"*. Renewable Energy, 28, pp.2205-11.
- Bahaj, A. & Myers, L., 2004. *"Analytical Estimates of Energy Yield Potential from the Alderney Eace (Channel Islands) using Marine Current Energy Converters"*. Renewable Energy , 29, pp.1931-45.
- Batten, W., Bahaj, A., Molland, A. & Chaplin, J., 2006. *"Hydrodynamics of Marine Current Turbines"*. Renewable Energy , 31, pp.249-56.
- Blunden, L. & Bahaj, A., 2006. *"Initial Evolution of Tidal Stream Energy Resources at Portland Bill, UK"*. Renewable Energy , 31, pp.121-32.
- Blunden, L. & Bahaj, A., 2007. *"Tidal Energy Resource Assessment for Tidal Stream Generators"*. In IMechE Vol.221 Part A: Power and Energy., 2007.
- Charlier, R.H., 1982. *"Tidal Energy"*. New York: Van Norstrand Reinhold Company Inc.

- Davis Jr., R.A., 1987. *"Oceanography: an Introduction to The Marine Environment"*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publisher.
- DESDM. 2005. Diversifikasi Energi. *"Energi Kelautan sebagai Alternatif Baru"*. DESDM. Jakarta : Seminar Pembangunan Ekonomi Kemaritiman.
- Faber Maunsell and Metro Plc., 2007. *"Scottish Marine Renewable Strategic Environmental Assessment (SEA): Environmental Assessment"*. EIA Report. The Scottish Executive.
- Forbes, Scott. 2016. *"Ocean and Tides"*. Diakses pada halaman web berikut : <http://www.pasificascience.org/2016/08>>. Dikunjungi pada tanggal 20 Juni 2017, pukul 01:20.
- Fraenkel, P., 1999. *"Power from Marine Currents"*. Marine Current Turbines Ltd.
- Fraenkel, P., 2007. *"Marine current turbines: pioneering the development of marine kinetic energy converters"*. In IMechE Vol. 221 Part A: J. Power and Energy., 2007.
- Godin, G., 1972. *"The Analysis of Tides"*. Toronto: University of Toronto Press.
- Gross, M.G. & Gross, E., 1996. *"Oceanography: A View of Earth. 7th ed"*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Istiarto, 2009. *"Model Hidrodinamika CFD di Bidang Hidraulika Saluran Terbuka"*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2013. *"Keanekaragaman Hayati Laut Indonesia Terbesar di Dunia"*. August 28. <http://kkp.go.id>.
- Lubis, Saut Maruli, 2006. *"Oseanografi Indonesia"*. Program Studi Oseanografi. ITB: Bandung.
- Marpaung, S. Dan Prayogo, T. 2014. *"Analisis Arus Geostropik Permukaan Laut Berdasarkan Data Satelit Altimetri"*. Jakarta: LAPAN, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh.

- Mellor, G.L., 2004. *"User Guide for A Three-dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model"*. Princeton: Princeton University.
- Mellor, G. & Yamada, T., 1985. *"Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems"*. Journal of Geophysics Research, 90, pp.903-16.
- Millar, D.L., 2007. *"Wave and Tidal Power"*. In F. Armstrong & K. Blundell, eds. Energy. Beyond Oil. Oxford: Oxford University Press. pp.50-70.
- Myers, L.E., 2006. *"Operational Parameters of Horizontal Axis Marine Current Turbines"*. PhD Thesis. Southampton: University of Southampton.
- Myers, L. & Bahaj, A., 2005. *"Simulated Electrical Power Potential Harvested by Marine Current Turbine Arrays in the Alderney Race"*. Renewable Energy , 30, pp.1713-31.
- Nadzir, Z.A., 2015. *"Estimasi Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Citra Satelit ALOS-PALSAR sebagai Solusi dari Krisis Energi di Indonesia"*. Tugas Akhir. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ningsih, N.S., 1998. *"Model Hidrodinamika Tida-Dimensi (3-D) Arus Pasang Surut di Laut Jawa"*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. pp.79-96.
- Pangastuti, W., 2005. *"Study of Tidal use in Seribu Islands Area"*. Bsc Final Project. Bandung: Bandung Institute of Technology.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5. 2006. *"Tentang Kebijakan Energi Nasional"*. Jakarta : Presiden Republik Indonesia.
- PLN. 2016. *"Penerapan Subsidi Listrik Tepat Sasaran Bagi Konsumen R-1/900 VA"*. Diakses pada alamat web berikut:  
<http://www.djk.esdm.go.id>>. Diakses pada 17 Juli 2017, Pukul 09:39
- Pranowo, W.S., Dewi, L. C., Mustikasari, E. & Subki, B. A. (2010). *"Verification the model which using by the*

- Government of Indonesia for oil spill model simulation - The claim document of October 2010*". Supply. *Technical Report*. Negotiation meeting between GoI & PTTEP AA (Montara), Singapore, December 17-19, 2010, 8 pp.
- Rachman, A. H. Dkk. 2016. "*Studi Transpor Sedimen di Teluk Benoa Menggunakan Pemodelan Numerik*". Badung: Universitas Udayana. pp.1907-9931.
- Simanjuntak, J., A., T., 2015. "Model Sirkulasi Arus Laut di Perairan Mahakam Selatan, Selat Makasar". Tugas Akhir. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sorensen, R.M., 2006. "*Basic Coastal Engineering*". Third Edition ed. New York: Springer.
- Thake, J., 2005. "*Development, Installation, and Testing of A Large Scale Tidal Current Turbine. Technical Report*". Departement of Trade and Industry, UK.
- The Carbon Trust, 2009. "*Technical overview of wave and tidal stream energy*". Diakses pada alamat web berikut: [http://www.carbontrust.co.uk/technology/technologyaccelerator/ME\\_guide.htm](http://www.carbontrust.co.uk/technology/technologyaccelerator/ME_guide.htm)>. Dikunjungi pada tanggal 2 November 2016, Pukul 20:23.
- Twidell, J. & Weir, T., 2006. "*Renewable Energy Resources*". 2nd ed. Oxon: Taylor & Francis.
- Undang Undang Nomor 17. 2007. "*Tentang Rencana Jangka Panjang Nasional (RPJPN)*". Jakarta : Republik Indonesia.
- Wibisono, S.M. 2011. "*Pengantar Ilmu Kelautan*". Jakarta: Grasindo.
- Yuningsih, A., & Masduki, A., . 2011. "*Potensi Energi Arus Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur, NTT*". Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. pp.13-25.
- Zhang, A., Wei, E. & Parker, B.B., 2003. "*Optimal Estimation of Tidal Open Boundary Conditions using Predicted Tides and Adjoint Data Assimilation Techniques*". *Continental Shelf Research*, 23, pp.1055-70.

## **LAMPIRAN**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## Lampiran 1 Nilai Kecepatan Arus Model dan Arus Geostropik Bulan Maret 2016

MARET																		
M O D E L	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	KEC ARUS (m/s)	Tanggal														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	105,375	-7,625	v1	0,174	0,245	0,254	0,216	0,173	0,072	0,141	0,184	0,194	0,162	0,244	0,273	0,263	0,258	0,305
	107,875	-8,375	v2	0,146	0,146	0,166	0,201	0,190	0,239	0,264	0,454	0,582	0,420	0,449	0,347	0,475	0,571	0,510
	110,125	-8,875	v3	0,221	0,209	0,303	0,599	0,768	0,704	0,841	0,841	0,868	0,784	0,709	0,590	0,378	0,441	0,242
	114,375	-9,625	v5	0,099	0,088	0,103	0,174	0,257	0,226	0,145	0,177	0,228	0,258	0,359	0,397	0,273	0,264	0,370
	105,375	-9,125	v6	0,158	0,268	0,321	0,327	0,324	0,246	0,193	0,160	0,119	0,170	0,258	0,244	0,204	0,129	0,153
	107,625	-9,875	v7	0,140	0,271	0,302	0,312	0,320	0,202	0,275	0,139	0,336	0,525	0,454	0,408	0,586	0,663	0,511
	109,875	-10,375	v8	0,174	0,246	0,428	0,441	0,631	0,547	0,462	0,681	0,536	0,389	0,298	0,354	0,401	0,372	0,299
	112,375	-10,625	v9	0,223	0,166	0,143	0,376	0,238	0,192	0,348	0,398	0,302	0,248	0,222	0,292	0,217	0,256	0,264
G E O S T R O P I K	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	KEC ARUS (m/s)	Tanggal														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	105,375	-7,625	v1	0,042	0,148	0,152	0,226	0,231	0,240	0,218	0,259	0,144	0,090	0,164	0,230	0,263	0,327	0,277
	107,875	-8,375	v2	0,260	0,173	0,090	0,061	0,080	0,175	0,197	0,185	0,194	0,126	0,210	0,152	0,228	0,176	0,158
	110,125	-8,875	v3	0,234	0,221	0,227	0,238	0,243	0,269	0,349	0,396	0,415	0,429	0,396	0,370	0,404	0,415	0,404
	114,375	-9,625	v5	0,234	0,301	0,278	0,270	0,280	0,309	0,302	0,348	0,442	0,526	0,553	0,708	0,643	0,610	0,540
	105,375	-9,125	v6	0,247	0,370	0,341	0,380	0,392	0,409	0,417	0,358	0,267	0,278	0,310	0,330	0,355	0,314	0,308
	107,625	-9,875	v7	0,158	0,085	0,076	0,139	0,175	0,232	0,279	0,337	0,370	0,380	0,365	0,366	0,324	0,371	0,397
	109,875	-10,375	v8	0,446	0,452	0,417	0,491	0,419	0,425	0,387	0,315	0,314	0,316	0,367	0,432	0,376	0,354	0,294
	112,375	-10,625	v9	0,136	0,154	0,262	0,222	0,289	0,290	0,351	0,412	0,422	0,453	0,411	0,335	0,201	0,131	0,166

## Lampiran 2 Nilai Kecepatan Arus Model dan Arus Geostropik Bulan Oktober 2016

### OKTOBER

M O D E L	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	KEC ARUS (m/s)	Tanggal														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	105,375	-7,625	v1	0,167	0,177	0,220	0,303	0,317	0,258	0,229	0,237	0,142	0,137	0,225	0,445	0,283	0,294	0,695
	107,875	-8,375	v2	0,239	0,328	0,169	0,157	0,321	0,294	0,294	0,202	0,225	0,176	0,185	0,442	0,612	0,575	0,473
	110,125	-8,875	v3	0,285	0,192	0,213	0,354	0,626	0,759	0,745	0,816	0,769	0,672	0,445	0,340	0,444	0,192	0,158
	114,375	-9,625	v5	0,185	0,314	0,316	0,357	0,263	0,170	0,101	0,129	0,170	0,131	0,136	0,163	0,157	0,182	0,187
	105,375	-9,125	v6	0,232	0,166	0,185	0,184	0,214	0,194	0,211	0,216	0,294	0,246	0,127	0,124	0,118	0,137	0,215
	107,625	-9,875	v7	0,112	0,144	0,195	0,364	0,425	0,445	0,519	0,459	0,341	0,409	0,325	0,169	0,286	0,306	0,303
	109,875	-10,375	v8	0,219	0,356	0,343	0,287	0,566	0,450	0,462	0,431	0,334	0,309	0,405	0,652	0,583	0,315	0,233
	112,375	-10,625	v9	0,330	0,340	0,375	0,216	0,323	0,301	0,402	0,334	0,249	0,360	0,646	0,675	0,359	0,733	0,678
G E O S T R O P I K	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	KEC ARUS (m/s)	Tanggal														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	105,375	-7,625	v1	0,697	0,630	0,580	0,517	0,468	0,379	0,392	0,205	0,183	0,126	0,096	0,153	0,218	0,324	0,362
	107,875	-8,375	v2	0,832	0,736	0,777	0,557	0,487	0,535	0,483	0,541	0,478	0,547	0,504	0,439	0,547	0,528	0,563
	110,125	-8,875	v3	0,789	0,785	0,784	0,750	0,692	0,629	0,580	0,500	0,462	0,397	0,312	0,173	0,191	0,206	0,245
	114,375	-9,625	v5	0,296	0,279	0,312	0,392	0,405	0,425	0,423	0,372	0,203	0,336	0,226	0,189	0,074	0,011	0,065
	105,375	-9,125	v6	0,298	0,245	0,253	0,245	0,209	0,232	0,170	0,134	0,153	0,139	0,164	0,167	0,203	0,233	0,268
	107,625	-9,875	v7	0,172	0,188	0,213	0,247	0,264	0,261	0,234	0,217	0,197	0,180	0,182	0,177	0,172	0,147	0,180
	109,875	-10,375	v8	0,086	0,096	0,131	0,171	0,183	0,173	0,112	0,166	0,169	0,264	0,271	0,297	0,333	0,362	0,299
	112,375	-10,625	v9	0,179	0,205	0,211	0,229	0,257	0,246	0,178	0,169	0,186	0,201	0,230	0,211	0,153	0,174	0,171

### Lampiran 3 Estimasi Lokasi Optimalisasi MCT dan Energi yang Dihasilkan

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
1	105,425	-7,017	-30	Turbin 1	201,143	0,35	2,955	2,930	287,472	264,725	1,816	1,770
2	107,908	-7,808	-30	Turbin 16	201,143	0,35	2,744	2,182	252,526	253,248	1,454	0,731
3	107,167	-7,475	-30	Turbin 15	201,143	0,35	2,221	1,613	133,207	269,444	0,772	0,295
4	109,492	-7,95	-30	Turbin 63	201,143	0,35	2,101	2,549	222,177	116,984	0,653	1,166
5	109,492	-7,917	-30	Turbin 64	201,143	0,35	2,101	2,549	222,177	116,984	0,653	1,166
6	113,633	-8,55	-30	Turbin 112	201,143	0,35	2,055	1,697	106,478	102,024	0,611	0,344
7	114,333	-8,742	-30	Turbin 121	201,143	0,35	1,866	1,678	284,719	262,119	0,457	0,333
8	105,542	-6,95	-30	Turbin 2	201,143	0,35	1,681	1,535	277,935	271,922	0,335	0,255
9	111,717	-8,425	-31	Turbin 214	201,143	0,35	2,839	3,067	244,085	231,170	1,612	2,032

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
10	105,425	-7	-31	Turbin 126	201,143	0,35	2,715	2,876	288,867	266,673	1,410	1,675
11	106,817	-7,5	-31	Turbin 147	201,143	0,35	2,215	2,265	212,835	173,184	0,765	0,818
12	113,242	-8,508	-31	Turbin 227	201,143	0,35	1,977	1,746	247,483	253,357	0,544	0,374
13	106,025	-6,892	-31	Turbin 142	201,143	0,35	1,930	2,106	157,684	228,227	0,506	0,658
14	105,392	-7,017	-31	Turbin 125	201,143	0,35	1,891	1,658	218,005	219,370	0,476	0,321
15	112,775	-8,508	-31	Turbin 223	201,143	0,35	1,822	1,934	211,452	225,413	0,426	0,509
16	105,8	-6,975	-31	Turbin 139	201,143	0,35	1,792	1,530	107,706	151,823	0,405	0,252
17	107,908	-7,775	-31	Turbin 149	201,143	0,35	1,784	1,961	256,799	260,134	0,400	0,531
18	106,792	-7,508	-31	Turbin 146	201,143	0,35	1,663	1,584	207,072	171,387	0,324	0,280

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
19	107,933	-7,792	-31	Turbin 150	201,143	0,35	1,597	1,590	253,990	264,704	0,287	0,283
20	112,275	-8,367	-31	Turbin 217	201,143	0,35	1,515	1,608	181,205	137,909	0,245	0,293
21	107,925	-7,808	-32	Turbin 264	201,143	0,35	2,729	2,172	252,516	253,303	1,431	0,721
22	105,6	-7,042	-32	Turbin 253	201,143	0,35	2,499	2,561	279,361	271,860	1,099	1,183
23	107,667	-7,658	-32	Turbin 262	201,143	0,35	2,382	2,262	102,321	184,336	0,952	0,815
24	112,642	-8,483	-32	Turbin 344	201,143	0,35	2,366	1,575	83,976	103,287	0,933	0,275
25	111,692	-8,417	-32	Turbin 334	201,143	0,35	2,054	2,475	230,087	222,617	0,610	1,067
26	113,617	-8,55	-32	Turbin 353	201,143	0,35	2,050	1,696	106,477	102,062	0,607	0,343
27	107,917	-7,783	-32	Turbin 263	201,143	0,35	1,782	1,862	256,109	254,147	0,399	0,454

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
28	114,55	-8,8	-32	Turbin 363	201,143	0,35	1,772	1,995	119,986	90,225	0,392	0,559
29	109,492	-7,958	-32	Turbin 303	201,143	0,35	1,685	2,257	203,180	95,674	0,337	0,809
30	105,542	-6,942	-32	Turbin 246	201,143	0,35	1,653	1,509	277,869	271,860	0,318	0,242
31	109,492	-7,908	-32	Turbin 304	201,143	0,35	1,540	1,611	233,322	116,551	0,257	0,295
32	109,5	-7,892	-32	Turbin 306	201,143	0,35	1,540	1,611	233,322	116,551	0,257	0,295
33	107,917	-7,808	-33	Turbin 398	201,143	0,35	2,721	2,166	252,510	253,332	1,418	0,716
34	106,842	-7,55	-33	Turbin 392	201,143	0,35	2,112	2,378	196,559	200,905	0,663	0,947
35	114,5	-8,792	-33	Turbin 509	201,143	0,35	2,039	2,177	164,142	209,361	0,597	0,726
36	106,883	-7,508	-33	Turbin 393	201,143	0,35	1,935	2,071	175,297	197,200	0,510	0,626

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
37	114,35	-8,75	-33	Turbin 506	201,143	0,35	1,927	1,846	231,569	220,329	0,504	0,443
38	107,9	-7,775	-33	Turbin 396	201,143	0,35	1,693	1,950	251,872	261,596	0,342	0,522
39	107,9	-7,767	-33	Turbin 397	201,143	0,35	1,643	1,958	253,222	256,538	0,312	0,528
40	109,508	-7,892	-33	Turbin 443	201,143	0,35	1,530	1,601	233,309	116,596	0,252	0,289
41	109,517	-7,9	-33	Turbin 444	201,143	0,35	1,530	1,601	233,309	116,596	0,252	0,289
42	105,417	-7,033	-34	Turbin 513	254,571	0,35	3,748	3,408	246,511	237,715	4,691	3,527
43	114,433	-8,767	-34	Turbin 639	254,571	0,35	2,273	2,036	199,887	175,106	1,046	0,752
44	105,733	-6,967	-34	Turbin 530	254,571	0,35	2,141	1,903	85,908	104,960	0,874	0,614
45	113,233	-8,517	-34	Turbin 619	254,571	0,35	2,083	1,856	231,849	240,794	0,805	0,570

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
46	113,617	-8,542	-34	Turbin 632	254,571	0,35	2,044	1,693	106,463	102,101	0,760	0,433
47	113,633	-8,542	-34	Turbin 633	254,571	0,35	2,044	1,693	106,463	102,101	0,760	0,433
48	107,9	-7,792	-34	Turbin 539	254,571	0,35	1,717	1,938	239,905	254,656	0,451	0,648
49	109,317	-7,992	-34	Turbin 573	254,571	0,35	1,519	2,100	202,188	90,188	0,312	0,825
50	109,492	-7,9	-34	Turbin 576	254,571	0,35	1,519	1,590	233,300	116,639	0,312	0,358
51	105,675	-7	-35	Turbin 658	254,571	0,35	2,957	2,682	33,771	51,583	2,303	1,718
52	111,708	-8,417	-35	Turbin 738	254,571	0,35	2,811	3,036	243,939	231,066	1,980	2,493
53	107,9	-7,808	-35	Turbin 663	254,571	0,35	2,708	2,157	252,501	253,379	1,769	0,894
54	111,742	-8,4	-35	Turbin 739	254,571	0,35	2,428	2,636	247,661	243,222	1,275	1,631



No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
55	111,75	-8,383	-35	Turbin 741	254,571	0,35	2,428	2,636	247,661	243,222	1,275	1,631
56	114,442	-8,767	-35	Turbin 772	254,571	0,35	2,267	2,035	199,976	175,150	1,038	0,751
57	109,525	-7,967	-35	Turbin 708	254,571	0,35	2,209	2,662	240,673	120,971	0,961	1,682
58	113,633	-8,533	-35	Turbin 767	254,571	0,35	2,041	1,693	106,460	102,115	0,758	0,432
59	109,483	-7,933	-35	Turbin 703	254,571	0,35	2,017	2,446	221,924	117,076	0,731	1,304
60	109,483	-7,925	-35	Turbin 704	254,571	0,35	2,017	2,446	221,924	117,076	0,731	1,304
61	107,9	-7,8	-35	Turbin 664	254,571	0,35	1,954	2,137	257,114	259,958	0,665	0,869
62	106,867	-7,5	-35	Turbin 662	254,571	0,35	1,934	2,070	175,289	197,218	0,645	0,791
63	114,367	-8,758	-35	Turbin 771	254,571	0,35	1,922	1,839	231,390	219,984	0,632	0,554

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
64	114,542	-8,8	-35	Turbin 773	254,571	0,35	1,689	1,840	197,220	245,159	0,430	0,555
65	107,9	-7,783	-35	Turbin 665	254,571	0,35	1,672	1,924	251,804	261,552	0,416	0,635
66	109,483	-7,942	-35	Turbin 702	254,571	0,35	1,668	2,232	203,101	95,803	0,413	0,991
67	113,4	-8,508	-35	Turbin 759	254,571	0,35	1,571	1,572	72,805	63,593	0,345	0,346
68	109,5	-7,883	-35	Turbin 706	254,571	0,35	1,510	1,581	233,289	116,675	0,307	0,352
69	108,067	-7,875	-36	Turbin 797	254,571	0,35	3,216	2,082	275,125	214,606	2,964	0,804
70	106,575	-7,492	-36	Turbin 794	254,571	0,35	2,758	2,318	178,435	136,134	1,869	1,109
71	108,183	-7,917	-36	Turbin 799	254,571	0,35	2,689	2,271	251,640	133,510	1,732	1,044
72	112,742	-8,508	-36	Turbin 875	254,571	0,35	2,618	1,944	152,571	202,738	1,598	0,655

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
73	113,783	-8,617	-36	Turbin 897	254,571	0,35	1,933	1,587	133,146	156,694	0,643	0,356
74	114,358	-8,758	-36	Turbin 902	254,571	0,35	1,918	1,834	231,275	219,761	0,628	0,550
75	112,767	-8,517	-36	Turbin 876	254,571	0,35	1,817	1,932	212,081	225,633	0,535	0,643
76	114,342	-8,75	-36	Turbin 901	254,571	0,35	1,570	1,510	228,020	209,326	0,345	0,307
77	108,042	-7,867	-37	Turbin 940	254,571	0,35	3,446	2,512	267,813	178,924	3,648	1,412
78	108,067	-7,867	-37	Turbin 941	254,571	0,35	3,212	2,080	275,096	214,609	2,953	0,802
79	106,283	-7,025	-37	Turbin 937	254,571	0,35	2,815	2,741	240,356	203,324	1,989	1,835
80	105,433	-6,992	-37	Turbin 913	254,571	0,35	2,661	2,819	288,776	266,625	1,678	1,996
81	105,75	-6,983	-37	Turbin 933	254,571	0,35	2,590	2,279	104,206	122,946	1,549	1,055

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
82	105,4	-7,008	-37	Turbin 909	254,571	0,35	2,390	2,213	267,888	246,564	1,216	0,965
83	105,417	-7	-37	Turbin 910	254,571	0,35	2,390	2,213	267,888	246,564	1,216	0,965
84	109,542	-7,942	-37	Turbin 991	254,571	0,35	2,197	2,644	240,636	120,993	0,945	1,647
85	114,45	-8,767	-37	Turbin 1052	254,571	0,35	2,136	1,927	225,051	196,857	0,869	0,638
86	111,75	-8,417	-37	Turbin 1021	254,571	0,35	2,128	2,239	249,083	248,660	0,858	1,000
87	105,725	-6,967	-37	Turbin 932	254,571	0,35	2,121	1,887	86,154	105,096	0,850	0,598
88	111,708	-8,408	-37	Turbin 1020	254,571	0,35	2,023	2,438	230,008	222,585	0,738	1,290
89	109,483	-7,917	-37	Turbin 989	254,571	0,35	1,967	2,386	221,802	117,116	0,678	1,210
90	106,892	-7,517	-37	Turbin 939	254,571	0,35	1,933	2,069	175,280	197,239	0,643	0,789

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
91	113,825	-8,608	-37	Turbin 1048	254,571	0,35	1,927	1,582	133,189	156,702	0,637	0,353
92	105,383	-7,025	-37	Turbin 908	254,571	0,35	1,872	1,637	217,570	218,850	0,584	0,391
93	109,483	-7,95	-37	Turbin 988	254,571	0,35	1,651	2,209	203,033	95,916	0,401	0,960
94	105,433	-7,008	-38	Turbin 1056	314,286	0,35	2,891	2,866	287,554	264,813	2,659	2,589
95	108,183	-7,908	-38	Turbin 1081	314,286	0,35	2,281	2,090	240,948	159,627	1,305	1,005
96	109,542	-7,95	-38	Turbin 1124	314,286	0,35	2,191	2,635	240,618	121,002	1,156	2,012
97	111,758	-8,417	-38	Turbin 1158	314,286	0,35	2,125	2,236	249,030	248,625	1,055	1,230
98	113,242	-8,517	-38	Turbin 1172	314,286	0,35	2,093	1,676	238,366	232,545	1,009	0,518
99	111,7	-8,408	-38	Turbin 1157	314,286	0,35	2,015	2,428	229,991	222,580	0,900	1,574

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
100	114,392	-8,767	-38	Turbin 1189	314,286	0,35	1,979	2,067	197,181	215,864	0,853	0,972
101	107,942	-7,817	-38	Turbin 1078	314,286	0,35	1,920	1,525	245,106	259,736	0,779	0,390
102	105,55	-7,025	-38	Turbin 1062	314,286	0,35	1,800	1,710	272,655	271,878	0,641	0,550
103	111,742	-8,417	-39	Turbin 1290	314,286	0,35	2,394	2,599	247,504	243,117	1,510	1,931
104	111,7	-8,417	-39	Turbin 1289	314,286	0,35	2,009	2,420	229,977	222,575	0,892	1,560
105	107,942	-7,8	-39	Turbin 1209	314,286	0,35	1,915	1,522	245,066	259,694	0,773	0,388
106	114,467	-8,775	-39	Turbin 1315	314,286	0,35	1,649	1,626	250,584	222,787	0,493	0,473
107	113,383	-8,517	-39	Turbin 1304	314,286	0,35	1,648	1,777	72,151	70,961	0,492	0,617
108	107,925	-7,783	-39	Turbin 1208	314,286	0,35	1,530	1,526	256,591	264,165	0,394	0,391

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
109	108,058	-7,875	-40	Turbin 1343	314,286	0,35	3,200	2,076	275,006	214,596	3,605	0,984
110	105,683	-7	-40	Turbin 1333	314,286	0,35	2,529	2,231	45,484	64,382	1,779	1,221
111	105,433	-6,983	-40	Turbin 1320	314,286	0,35	2,462	2,511	298,552	282,692	1,641	1,741
112	113,808	-8,633	-40	Turbin 1445	314,286	0,35	2,403	1,849	124,356	146,704	1,526	0,696
113	109,533	-7,967	-40	Turbin 1389	314,286	0,35	2,172	2,609	240,570	121,030	1,128	1,954
114	105,442	-6,967	-40	Turbin 1321	314,286	0,35	2,143	2,305	304,872	285,845	1,083	1,346
115	111,758	-8,4	-40	Turbin 1424	314,286	0,35	2,121	2,232	248,954	248,577	1,049	1,223
116	111,658	-8,417	-40	Turbin 1423	314,286	0,35	1,786	2,231	244,984	229,714	0,627	1,221
117	114,533	-8,8	-40	Turbin 1452	314,286	0,35	1,696	1,847	197,242	245,134	0,536	0,693

No.	Longitude (Decimal Degree)	Latitude (Decimal Degree)	h (m)	TURBIN	Diameter Rotor (m <sup>2</sup> )	Cp	Kecepatan Arus (m/s)		Arah Arus (°)		Energi per Hari (kW)	
							Maret	Oktober	Maret	Oktober	Maret	Oktober
118	109,475	-7,933	-40	Turbin 1385	314,286	0,35	1,628	2,176	202,941	96,073	0,475	1,134
119	109,475	-7,925	-40	Turbin 1386	314,286	0,35	1,628	2,176	202,941	96,073	0,475	1,134
120	109,483	-7,958	-40	Turbin 1387	314,286	0,35	1,628	2,176	202,941	96,073	0,475	1,134
121	107,908	-7,767	-40	Turbin 1342	314,286	0,35	1,540	1,804	253,967	257,253	0,402	0,645
122	112,242	-8,367	-40	Turbin 1429	314,286	0,35	1,521	1,816	165,787	112,100	0,387	0,659
123	109,317	-7,983	-40	Turbin 1379	314,286	0,35	1,516	2,095	202,175	90,293	0,383	1,011
124	109,325	-7,992	-40	Turbin 1380	314,286	0,35	1,516	2,095	202,175	90,293	0,383	1,011



## BIODATA PENULIS



Penulis, Lilik Widiastuti dilahirkan di Sragen 01 Nopember 1995, merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Sugiyanto dan Ibu Widarwatik Darto Wiyono, Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi III, SDN Jenggrik Kedawung Sragen, SMPN 5 Sragen, dan SMA N 1 Sragen dan lulus pada tahun 2013, Penulis kemudian melanjutkan pendidikan untuk perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika lewat jalur SNMPTN Undangan, Selama menjadi mahasiswa S1, penulis cukup aktif di organisasi intra kampus yaitu sebagai staff Departemen Sosial periode 2014-2015 serta Departemen Daya Kreasi Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE ITS) periode 2015-2016, Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD, Penulis pernah mengikuti kegiatan Kerja Praktek/ Magang di PT Bukit Asam (Persero) tbk, Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Hidro-Oceanografi, dengan Judul Tugas Akhir “Optimalisasi Lokasi Marine Current Turbine dengan Model Hidrodinamika 3D (Studi Kasus: Pantai Selatan Jawa)”. Kontak penulis adalah [lwidiastuti18@gmail.com](mailto:lwidiastuti18@gmail.com).